

**CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA Y ANÁLISIS DE AMENAZAS PARA LA CUENCA DEL
RÍO MONQUIRÁ COMO INSUMO EN LA FASE DE DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE
ORDENACIÓN Y MANEJO DE CUENCA HIDROGRÁFICA (POMCA).**

PROYECTO DE GRADO

DIEGO ANDRES RODRIGUEZ ORDUZ

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA
2018**

**CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA Y ANÁLISIS DE AMENAZAS PARA LA CUENCA DEL
RÍO MONQUIRÁ COMO INSUMO EN LA FASE DE DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE
ORDENACIÓN Y MANEJO DE CUENCA HIDROGRÁFICA (POMCA).**

DIEGO ANDRES RODRIGUEZ ORDUZ

Trabajo de Grado en la Modalidad de Monografía
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo

Director
INES VERGARA GOMEZ
MSc. Hidrología y Gestión de Recursos

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA
2018**

Nota de aceptación

Pues Vergara G.

Firma del presidente del Jurado

[Signature]

Firma del Jurado

[Signature]

Firma del Jurado

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A Dios gracias y a mi familia, mi madre mi abuela y mis hermanos quienes siempre estuvieron apoyándome, son parte fundamental de mi vida, gracias por todo su sacrificio por el amor y la compañía que me brindan, son un motivo para seguir luchando.

A Alejandra Mahecha quien ha estado conmigo en todo momento, quien con su carácter me enseñó a creer, a tener fuerza y nunca desfallecer gracias por tu cariño y amor.

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por darme la oportunidad de forjar mis conocimientos académicos

A la escuela de Ingeniería Geológica y a todos los profesores e ingenieros, que me transmitieron parte de su saber en el transcurso de mi formación profesional me acompañaron

A la Directora del proyecto, Inés Vergara Gómez por su valiosa colaboración, tanto en el desarrollo del proyecto como en mi transcurso académico

A las Empresas INGEOGIS LTDA, e INGECONSULT J&C S.A.S y a todos mis compañeros del grupo de trabajo, por permitirme poner en practica mis habilidades, por confiar en mis conocimientos y brindarme el privilegio de adquirir conocimientos por parte de ustedes durante estos años de servicio.

A mis compañeros, Yudi, Angela, Danilo amigos que fueron testigos del esfuerzo y la convicción de seguir adelante y que estuvieron a mi lado apoyándome y ayudándome a superar todos esos obstáculos que en algún momento se presentaron.

Dedico este logro a todas y cada una de las personas que contribuyeron en alguna media a conquistar este objetivo.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	9
2	OBJETIVOS.....	10
2.1	OBJETIVO GENERAL	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3	METODOLOGÍA EMPLEADA	11
4	MARCO LEGAL Y LA CUENCA HIDROGRAFICA COMO UNIDAD PARA LA GESTION TERRITORIAL SOSTENIBLE.	12
4.1	NORMATIVIDAD.....	12
4.1.1	GESTIÓN DEL AGUA	15
4.2	ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y GESTIÓN DE CUENCAS.....	18
4.2.1	Cuenca Urbana Y Desarrollo Sostenible	21
4.3	FASES Y PROCESOS DEL POMCA	24
4.4	FASE DE DIAGNOSTICO.....	27
4.4.1	Caracterización de la cuenca hidrográfica	27
5	CARACTERIZACION BASICA DE LA CUENCA DEL RÍO MONQUIRÁ	28
5.1	LOCALIZACION	28
5.2	DIVISION POLITICO ADMINISTRATIVA.....	29
5.2.1	Oferta institucional.....	29
5.3	INSTITUCIONES ADMINISTRATIVAS AMBIENTALES	31
6	CARACTERIZACION BIOFISICA DE LA CUENCA DEL RÍO MONQUIRÁ.....	32
6.1	CLIMA	32
6.1.1	Temperatura	33
6.1.2	Brillo Solar.....	34
6.2	GEOLOGIA.....	35
6.2.1	Marco Geológico local.....	35
6.2.2	Estratigrafía.....	37
6.2.3	Geología Estructural	44
6.2.4	Fallas	45
6.2.5	Pliegues	46
6.3	HIDROGEOLOGIA	47
6.3.1	Correlación hidroestratigrafica	47
6.3.2	Zonas de recarga	51
6.4	HIDROGRAFIA.....	52
6.4.1	ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE CUENCAS 52	
6.4.2	Codificación de Subcuencas y microcuencas	52
6.4.3	Tipos de unidades hidrográficas	53
6.4.4	Delimitación de Subcuencas y Microcuencas abastecedoras de centros poblados...	54
6.4.5	Sub cuencas Río Monquirá	55
6.5	HIDROLOGIA	63
6.5.1	Cuenca Hidrográfica	64
6.5.2	Morfometria	64
6.5.3	Forma de la cuenca	65

6.5.4	Parámetros de Drenaje	69
6.5.5	Curva Hipsométrica	72
6.5.6	Caracterización Hidrometeorológica	75
6.5.7	Precipitación Media	84
6.6	PENDIENTE DE TERRENO	85
6.7	GEOMORFOLOGIA	89
6.7.1	INTERPRETACIÓN DE SENSORES REMOTOS	89
6.7.2	DEFINICIÓN DE AMBIENTES MORFOGENÉTICOS	91
6.7.3	Geoformas de origen antropogénico	92
6.7.4	Geoformas de origen denudacional	93
6.7.5	Geoformas de Origen Fluvial.....	96
6.7.6	Geoformas de origen glacial.	97
6.7.7	Geoformas de origen estructural	99
6.8	COBERTURAS VEGETALES	101
6.8.1	TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	102
6.8.2	Territorios Agrícolas	104
6.8.3	Pastos	106
6.8.4	Áreas Agrícolas Heterogéneas	107
6.8.5	Bosques y áreas seminaturales	109
7	GESTION DEL RIESGO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO	
	MONQUIRÁ	112
7.1	AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	112
7.1.1	Zonas de interés en condición de amenaza alta por fenómenos de remoción en masa	114
7.1.2	Elementos Expuestos	117
7.2	AMENAZA POR INUNDACIONES	119
7.2.1	Áreas Urbanas en condición de amenaza alta y media por inundación	120
7.2.2	Zonas de interés en condición de amenaza alta por inundación	121
7.2.3	Elementos Expuestos	123
7.3	AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES	126
7.3.1	Zonas de interés en condición de amenaza alta por Avenidas Torrenciales	127
7.3.2	Elementos Expuestos	129
8	CONCLUSIONES.....	131
9	DOCUMENTOS CITADOS	134

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1.	Resumen del fundamento legal.....	12
FIGURA 2.	Cuenca Hidrográfica como sistemas dinámicos	16
FIGURA 3.	Entradas. Salidas y procesos de una cuenca hidrográfica	18
FIGURA 4.	Factores que afectan la sostenibilidad Ambiental	23
FIGURA 5.	Factores contribuyentes a la sostenibilidad.....	24
FIGURA 6.	Estructura general de las fases del POMCA	25
FIGURA 7.	Mapa de Procesos para la ejecución del POMCA	26
FIGURA 8.	Localización Área de la cuenca del río Monquirá	28
FIGURA 9.	Extensión de área por veredas sobre la cuenca	30
FIGURA 10.	División territorial municipal de la cuenca	31
FIGURA 11.	Variación de la temperatura	34
FIGURA 12.	Albedo Solar	35
FIGURA 13.	Modelamiento para la obtención del mapa geológico.....	36
FIGURA 14.	Resumen de la geología histórica de las unidades presente en la cuenca del Río Monquirá	37
FIGURA 15.	Estratigrafía de la Cuenca del río Monquirá	38
FIGURA 16.	Mapa geológico cuenca del río Monquirá.....	38
FIGURA 17.	Formación Chipaque (Ksc) Sector Rejoja quebrada la carbonera.....	39
FIGURA 18.	Formación Plaeners (Ksgp) Vereda Pedregal alto sector Alto los cinco grandes, eje anticlinal de Pilar y Seibita.....	40
FIGURA 19.	Formación Los Pinos Sector La Senda	41
FIGURA 20.	Formación labor y tierna (Ksgt) vereda pedregal alto sector la esperanza.....	41
FIGURA 21.	Distribución de las unidades geológicas dentro de la cuenca del Río Monquirá	44
FIGURA 22.	Lineamientos Estructurales y Fallas	45
FIGURA 23.	Modelamiento para la obtención del mapa hidrogeológico	48
FIGURA 24.	Mapa hidrogeológico	50
FIGURA 25.	Zonas de Descarga de la Cuenca del Río Monquirá	51
FIGURA 26.	Codificación de la cuenca del Río Monquirá.....	53
FIGURA 27.	Nivel de planeación de las unidades hidrográficas	54
FIGURA 28.	Modelamiento para la obtención del mapa de cuencas	55
FIGURA 29.	Distribución y área de las subcuentas del Río Monquirá	55
FIGURA 30.	Cuenca río Monquirá	56
FIGURA 31.	Subcuenca y micro-cuencas Río Chorreano	58
FIGURA 32.	Subcuenca Quebrada Ombachita	59
FIGURA 33.	Intercuenca río Monquirá.....	60
FIGURA 34.	Subcuenca Quebrada el Hatillo.....	61
FIGURA 35.	Subcuenca quebrada Honda.	62
FIGURA 36.	Subcuenca quebrada Pinturas	63
FIGURA 37.	Modelamiento para la obtención del parámetro densidad de drenaje	71
FIGURA 38.	Curva Hipsométrica Subcuenca Río Sogamoso	73
FIGURA 39.	Ubicación de Estaciones Meteorológicas Utilizadas en el Estudio	76
FIGURA 40.	Histograma de Frecuencia de la Estación Monguí.....	77
FIGURA 41.	Histograma de Frecuencia de Estación Aeropuerto Lleras	78
FIGURA 42.	Histograma de Frecuencia de Estación Las Cintas	78
FIGURA 43.	Histograma de Frecuencia de Estación Nobsa	79
FIGURA 44.	Histograma de Frecuencia de Estación Sena	80
FIGURA 45.	Histograma de Frecuencia de Estación Tibasosa	80
FIGURA 46.	Histograma de Frecuencia de Estación Firavitoba.....	81
FIGURA 47.	Histograma de Frecuencia de Estación Iza	82
FIGURA 48.	Precipitación Media Mensual Multianual.....	83
FIGURA 49.	Precipitación Media Anual 1990-2017	83
FIGURA 50.	Modelamiento para la obtención mapa de isoyetas.....	84

FIGURA 51.	Mapa de Isoyetas	85
FIGURA 52.	Rangos de pendientes y clasificación de susceptibilidad INGEOMINAS 2011	86
FIGURA 53.	Modelamiento para obtención de mapa de pendientes.....	87
FIGURA 54.	Pendientes de la cuenca hidrográfica del Río Monquirá.....	88
FIGURA 55.	Modelamiento para la obtención del mapa geomorfológico	90
FIGURA 56.	Porcentaje de ambientes morfogenéticos que ocupan en la cuenca del Río Monquirá	91
FIGURA 57.	Ambientes Geomorfológicos de la Cuenca Río Monquirá	92
FIGURA 58.	Canteras Arenisca Picacho Sector Cerro Chacón	93
FIGURA 59.	Cerro remanente o relicto (Dcrem)	94
FIGURA 60.	Terraza de acumulación antigua (Ftan).....	97
FIGURA 61.	Modelamiento para obtener el mapa de coberturas vegetales	102
FIGURA 62.	Mapa de cobertura vegetal	103
FIGURA 63.	Zonas Urbanizadas.....	104
FIGURA 64.	Cultivos transitorios unidad 2.1.1	106
FIGURA 65.	Herbazal denso de tierra firme (3.2.1.1.1)	110
FIGURA 66.	Arbustal abierto (3.2.2.2).....	111
FIGURA 67.	Mapa de Amenazas por fenómenos de remoción en masa Cuenca Río Monquirá	113
FIGURA 68.	Niveles y pesos para la zonificación por FRM	113
FIGURA 69.	Nivel de Amenaza por FRM en la Cuenca del Río Monquirá	115
FIGURA 70.	Flujo de lodos sector Alto el Volador	115
FIGURA 71.	Reptación de suelos sector cuchilla Mortiñal.....	116
FIGURA 72.	Deslizamiento traslacional	116
FIGURA 73.	Obstrucción del canal por pérdida de material vegetal	117
FIGURA 74.	Mapa de Amenaza por Inundación para la Cuenca del río Monquirá	119
FIGURA 75.	Modelamiento para la obtención del mapa de inundacion	120
FIGURA 76.	Áreas rurales en condición de amenaza alta y media por inundación	121
FIGURA 77.	Áreas rurales en condición de amenaza alta y media por inundación	121
FIGURA 78.	Nivel de Amenaza por Inundaciones en la Cuenca del Río Monquirá.....	122
FIGURA 79.	Mapa de susceptibilidad respecto ambiente geomorfológico.....	123
FIGURA 80.	Distribución Espacial De Las Obras De Drenaje En Mal, Regular Y Pésimo Estado Y Su Relación Con Zonas De Amenaza Media A Alta Por Inundación.	125
FIGURA 81.	Modelamiento para la obtención del mapa de zonificación por AVT.....	126
FIGURA 82.	Mapa de Amenaza por Avenidas Torrenciales	127
FIGURA 83.	Nivel de Amenaza por Avenidas Torrenciales en la Cuenca del Río Monquirá.....	128

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1.	Principales instrumentos de manejo de recursos naturales renovables a considerar en los POMCAS	
Nivel Tipo.....		21
TABLA 2.	Extensión de área por veredas sobre la cuenca	30
TABLA 3.	Estaciones Pluviométricas – Municipio de Sogamoso.....	33
TABLA 4.	Resumen valores totales medios mensuales de temperatura (°C) Aeropuerto Alberto Lleras Camargo.....	33
TABLA 5.	Resumen valores medios mensuales de Brillo Solar (Horas) aeropuerto Alberto Lleras Camargo	34
TABLA 6.	Resumen valores medios mensuales de Brillo Solar (Horas) estación Belencito	35
TABLA 7.	Jerarquía hídrica.....	56
TABLA 8.	Microcuencas Río Chorreano	57
TABLA 9.	Microcuencas Quebrada Ombachita	58
TABLA 10.	Intercuenca río Monquirá.....	59
TABLA 11.	Microcuencas Quebrada el Hatillo.....	60
TABLA 12.	Subcuenca quebrada Honda	61
TABLA 13.	Subcuenca quebrada Pinturas	62
TABLA 14.	Área de Cuenca	65
TABLA 15.	Valores de Perímetro de la Cuenca	65
TABLA 16.	Cotas Máximas y Mínimas en la Zona de Estudio.....	65
TABLA 17.	Valores de Factor de Forma para la cuenca	66
TABLA 18.	Valores de Índice de Compacidad	67
TABLA 19.	Coeficientes de Compacidad.....	67
TABLA 20.	Valores de Razón de Elongación	68
TABLA 21.	Valores de Razón Circular.....	68
TABLA 22.	Valores de Tiempo de Concentración de las Subcuencas	69
TABLA 23.	Longitud del cauce principal.....	69
TABLA 24.	Longitud Red Hídrica	70
TABLA 25.	Valores de Pendiente Promedio de Red Hídrica	70
TABLA 26.	Valores de Densidad de Drenaje.....	71
TABLA 27.	Valores de Alturas y Área Subcuenca Sogamoso	73
TABLA 28.	Resumen parámetros morfométricos de la cuenca	74
TABLA 29.	Estaciones Meteorológicas Utilizadas IDEAM	75
TABLA 30.	Estación Monguí	77
TABLA 31.	Estacion Aeropuerto Lleras.....	78
TABLA 32.	Estación Las Cintas.....	79
TABLA 33.	Estacion Nobsa	79
TABLA 34.	Estación Sena.....	80
TABLA 35.	Estacion Tibasosa	81
TABLA 36.	Estacion Firavitoba	81
TABLA 37.	Estación Iza.....	82
TABLA 38.	Rangos de pendientes dada por el IGAC	86
TABLA 39.	Pendiente media y tipo de relieve de los causes principales	87
TABLA 40.	Ambientes morfo genéticos y estándar de color	90
TABLA 41.	Extensión geoforma de origen antrópico	93
TABLA 42.	Extensión geoformas de origen Denudacional.....	96
TABLA 43.	Extensión geoforma de origen Denudacional	97
TABLA 44.	Extensión geoforma de origen Glacial	99
TABLA 45.	Extensión Geoforma de origen estructural.....	101
TABLA 46.	Unidades de cobertura vegetal	102
TABLA 47.	Porcentaje de elementos expuestos	117
TABLA 48.	Elementos expuestos por FRM en la cuenca del río Monquirá.....	118
TABLA 49.	Elementos expuestos por Inundaciones en la cuenca del Río Monquirá.....	124
TABLA 50.	Elementos expuestos por Avenidas Torrenciales en la cuenca del río Monquirá	129

1 INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica del Río Monquirá constituye la principal unidad ambiental del municipio de Sogamoso ocupando el 34.54% del área total de este. Se extiende desde la alta montaña hasta el casco urbano, donde interactúan en dependencia los recursos naturales con la infraestructura creada por el hombre. Esta favorece al desarrollo social y económico suministrando bienes para actividades industriales, o como fuente de recursos hídricos. Por lo que se ha convertido en un modelo fundamental de sostenibilidad y desarrollo.

Actualmente la ronda hídrica del Río Monquirá está declarada en el POT (2016) como patrimonio ambiental y de protección, sin embargo, se ha visto vulnerada debido al aumento en la expansión urbana y a la transformación del espacio físico ambiental, que ha modificado las características y afectando la conservación de todos sus elementos naturales. Por otro lado, la contaminación del cauce principal y la deforestación entre otros factores han contribuido a presentar un deterioro del territorio, que desemboca en el aumento de la susceptibilidad intrínseca del terreno y a la predisposición ante eventos amenazantes.

En muchas ocasiones estos eventos son producto del deterioro ambiental por actividades antrópicas, derivando en la ocurrencia de amenazas de tipo socio-natural. Que sumado a la falta de conocimiento de las características básicas de la cuenca, el fallo en la sensibilización pública, e identificación de escenarios de amenazas, reducen en gran magnitud la capacidad de respuesta y resiliencia de una comunidad. Por esto se ha generado la necesidad de implementar una forma de ocupación y manejo de esta importante unidad hidrográfica, que acoja la dependencia entre los sistemas físico-bióticos y el sistema socioeconómico, garantizando la calidad y disponibilidad de los recursos naturales a generaciones futuras sobre escenarios prospectivos. Estos desarrollados en la base de un correcto diagnóstico de las características de cada uno de los elementos Bio-físicos que componen la cuenca. A fin de traducirlos en síntesis situacional y ambiental, que sirvan como punto de partida para el adelanto de un diagnóstico completo, y de políticas de ordenamiento que este en función de la preservación y sostenibilidad ecosistémica, así como de mitigación y prevención de desastres.

Por consiguiente en el desarrollo de este proyecto se abordó partiendo desde la base legal del ordenamiento territorial y el ordenamiento ambiental, como funciones e instrumentos reguladores de este ámbito, así mismo se identificaron elementos de orden administrativo local y de ordenanza medio ambiental en cuanto a la caracterización básica y espacial de la cuenca. A sí mismo la caracterización biofísica evaluó elementos tanto del territorio, como geología, geomorfología bióticos como vegetación, y climáticos como precipitaciones. Para este conjunto de elementos se describieron sus características principales y su relación de susceptibilidad respecto a fenómenos de amenaza.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la cuenca del río Monquirá en los componentes físico bióticos y de amenazas como insumo para la fase de Diagnóstico del POMCA.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Contextualizar el área de la cuenca en sus componentes geográficos y ambientales
- Caracterizar la cuenca mediante la descripción geoespacial sobre cartografía haciendo énfasis en elementos geográficos y unidades político administrativas mediante el uso de herramientas SIG.
- Establecer los elementos y factores que integran el componente físico biótico de la cuenca (clima, geología, geomorfología, pendientes, cobertura vegetal, hidrografía, fauna y flora), a fin de estimar un análisis situacional y ambiental de la cuenca.
- Evaluar e identificar las zonas de amenaza relacionadas a fenómenos naturales.
- Analizar el grado de influencia de amenaza en relación a los componentes físicos y bióticos sobre el área de la cuenca con el fin de considerar futuras implicaciones.

3 METODOLOGÍA EMPLEADA



Fuente: Autor

4 MARCO LEGAL Y LA CUENCA HIDROGRAFICA COMO UNIDAD PARA LA GESTION TERRITORIAL SOSTENIBLE.

4.1 NORMATIVIDAD

El presente estudio tiene como objeto caracterizar biofísicamente y analizar las amenazas naturales de la cuenca hidrográfica del río Monquirá como insumo en la fase de diagnóstico del POMCA, que posteriormente podrán ser vinculados al desarrollo total de la guía de planeación del recurso hídrico. El desarrollo de esta guía está fundamentado en el marco normativo y legal de Colombia el cual se presenta a continuación en orden cronológico.

FIGURA 1. Resumen del fundamento legal





Fuente. Autor

La normativa legal en relación a la gestión del territorio y sus recursos tiene sus inicios en la ley 135 donde se pretende reglamentar el uso de los territorios rurales.

Asegurar la conservación, defensa, mejoramiento y adecuada utilización de los recursos naturales (Ley 135 Congreso de Colombia, 1961)

No incorporar en las aguas cuerpos o sustancias sólidas, líquidas o gaseosas tales como basuras, desechos, desperdicios, o cualquier sustancia toxica, o lavar en ellas utensilios, empaques o envases que los contengan o hayan contenido (Artículo 2 de la ley anteriormente nombrada).

Posteriormente a esto el gobierno en uso de sus facultades constitucionales y legales define que es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente. Señala que para la protección de la flora silvestre se pueden tomar medidas tales como: intervenir el manejo, uso aprovechamiento y comercialización de especies e individuos de la flora silvestre y de sus productos primarios. (Ley 2811 , 1974)

De la misma forma establece que le corresponde a las corporaciones autónomas regionales, bajo la coordinación del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, realizar la clasificación ordenamiento y zonificación y determinar el régimen de usos de las áreas forestales en el territorio nacional.

En el 2001 se establece el **PLAN NACIONAL DE DESARROLLO FORESTAL** (Documento conpes3125) apoya y busca, entre otros aspectos, la conservación, la ordenación, el manejo y el aprovechamiento de los bosques naturales, incluyendo programas como restauración de ecosistemas forestales, programa de ampliación de la oferta forestal.

PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA. Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje. (Ley 373 de 1997).

Dentro del mismo documento se encuentra el **ARTICULO 5 REUSO OBLIGATORIO DEL AGUA.**

Las aguas utilizadas serán de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser utilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten.

El ordenamiento del territorio se fundamenta en los principios de: función social ecológica de la propiedad, la prevalencia del interés general sobre el particular, la distribución equitativa de las cargas y los beneficios (Artículo 2° -Ley 388 de 1997).

Por consiguiente, en la misma ley de dicho año también se consideraron los objetos del ordenamiento del territorio municipal comprendidos en el **ARTÍCULO 6** en el cual se encamina a la intervención sobre el territorio orientando el aprovechamiento sostenible.

En el año 1993 se reglamenta la ley 99 por la cual se crea el ministerio del medio ambiente encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables. Dentro de la ley como principal referencia tenemos:

El estado fomentara la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del territorio y para la conservación de los recursos naturales renovables (Artículo 1 ley 99).

4.1.1 GESTIÓN DEL AGUA

Mediante la ley 99 de 1993 se creó el Ministerio del Medio Ambiente, como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales, encargado de realizar, entre otras tareas, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo y uso, adicionalmente con el Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en Colombia y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, Se establece como objetivo del Ministerio el de coordinar el Sistema Nacional Ambiental (SINA) constituido por el conjunto de normas, recursos, entidades estatales y organizaciones comunitarias y no gubernamentales con responsabilidades en esta materia. Para determinar las jerarquías del SINA, se establece el siguiente orden descendente: Ministerio del Medio Ambiente, corporaciones autónomas regionales (35 en total), departamentos y distritos o municipios. Estos organismos tienen la responsabilidad de ejecutar las políticas, programas, planes y proyectos definidos por el Ministerio.

Aunque erróneamente se ha pensado que la gestión del recurso hídrico es meramente competencia del gobierno nacional, en la formulación de políticas conservacionistas, la realidad es que la gestión del recurso es una tarea conjunta y descentralizada que incluye actores públicos, privados y en general a toda la sociedad civil. A todo este conjunto de elementos se conoce como gestión integral del recurso hídrico, cuyo fin es de asegurar la calidad de los ecosistemas y la oferta de agua.

Desde este punto de vista la gestión del agua se entiende como una tarea en conjunto de todos los individuos, estructuras, ideas, leyes etc. que de una u otra manera tienen relación con el aprovechamiento del agua, una tarea llena de responsabilidad y confianza con un seguimiento constante y objetivo.

Partiendo del concepto de cuenca hidrográfica se entiende a esta por el espacio territorial delimitado por una línea divisoria de aguas, sobre la cual se encuentra un sistema hídrico de tributarios y canales que llevan el agua a un río principal, un lago o el mar. Adicionalmente a esto se tiene en consideración las aguas subterráneas que vierten su cauce a los canales o tributarios ya nombrados, teniendo como resultado caudales continuos o intermitentes. (IDEAM, 2012)

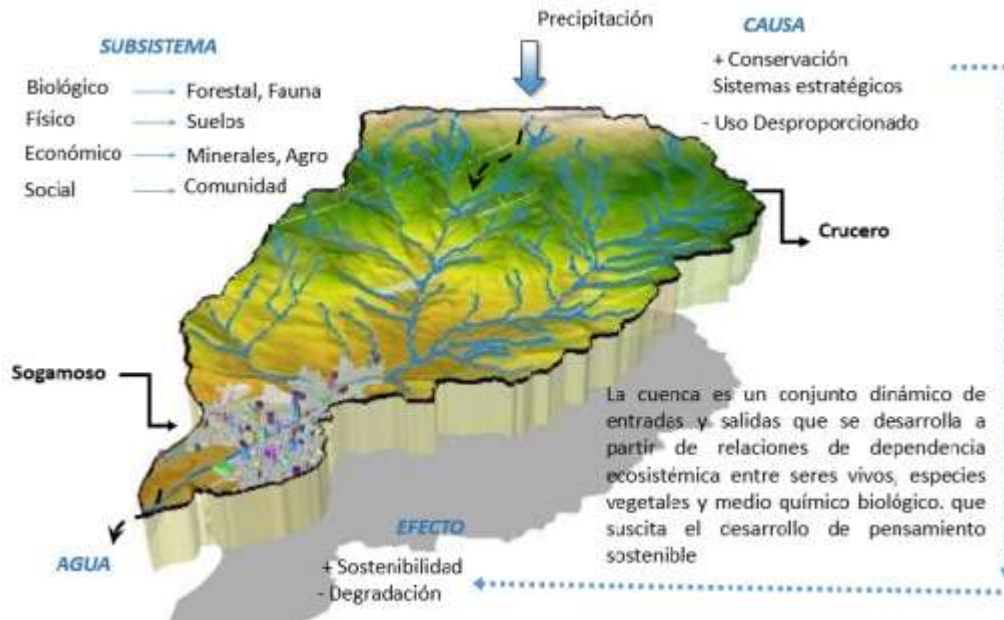
Sobre este territorio se desarrolla una gran variedad de recursos naturales, flora y fauna, así como la infraestructura creada por el hombre para su beneficio. De esta manera la cuenca favorece al desarrollo del mismo, ya sea suministrando bienes primarios para actividades económicas, o como elementos de bienestar social.

Dentro de la cuenca se desarrollan un sin fin de actividades que constituyen un ciclo de entradas y salidas, que componen el entorno vital de elementos físicos, naturales, sociales, culturales y económicos, todos en continuo vínculo tanto para el individuo como para comunidad. se desarrollan relaciones eco sistémicas entre los seres vivos y las especies vegetales, relaciones de dependencia e interdependencia de estos con el medio químico o biológico presente. A lo que se podría nombrar como conjunto dinámico de comunidades.

Entonces tomando como punto de partida esto, la cuenca ofrece unas unidades básicas de calidad de vida y ambiente, intrínsecas al desarrollo histórico que esta haya sufrido a lo largo de su evolución, suscitando que el hombre proyecte su progreso en pensamientos sostenibles sobre esta. Estas unidades básicas hacen referencia a recursos naturales, especialmente los no renovables, recurso hídrico, fauna, elementos edáficos etc. que presentan una serie de características propias inherentes a su naturaleza y libres de intervención antrópica.

De esta manera se puede decir que la cuenca es un complejo sistema que se desarrolla sobre cierta extensión territorial, y que constituye una unidad territorial adecuada para la planificación ambiental, dado que sus límites geográficos constituyen una barrera cronológicamente más trascendental. (IDEAM, 2004) La cual encierra todos los factores y elementos anteriormente mencionados, así mismo la interacción que el hombre tiene sobre estos se desarrolla aquí. Degradación

FIGURA 2. Cuenca Hidrográfica como sistemas dinámicos



Fuente: Autor

En este sentido la cuenca hidrográfica toma gran importancia para el desarrollo sostenible de una comunidad. En concreto interés la implementación de actividades de planeación que aseveren la conservación de los recursos a futuras generaciones. Por consiguiente, es válido nombrar algunas consideraciones que el Observatorio de la sostenibilidad en España nos da: (OSE, 2008).

El agua de los suelos y de las formas vivas, especialmente la que levanta la tenacidad del bosque es agua esencial para la multiplicidad vital, para la fijación del carbono y para la continuidad de la vida en el más amplio sentido del término.

Existe una coyuntura socioeconómica operando sobre el medio físico descrito e impregnada por este medio condiciona a su vez la situación actual y previsible de los problemas hídricos. La situación de la población, la importancia del agua en los procesos productivos, conforman situaciones de hecho que pueden determinar de forma sustancial los problemas y soluciones de las cuestiones del agua.

La necesidad de proporcionar agua suficiente para todos aquellos agentes sociales capaces de utilizarla en el desarrollo de la producción. En este desarrollo implicaba un proyecto de transformación geográfica del país. (OSE, 2008).

Es por esto que la calidad y cantidad de la intervención antrópica sobre la cuenca condiciona la respuesta de esta ante la demanda común. Sin embargo, frente a la imponente visión humana del progreso transformador, que modifica no solo el paisaje, sino que a todos los elementos que a él lo componen. Se imparte un paradigma social de trascendencia global y que ha cobijado a generaciones que buscan dilucidar las relaciones que ocurren al interior de la cuenca, y de cómo estas responden ante los diferentes procesos antrópicos de transformación. Ya es evidente que en nuestro país se ha generado algunos mecanismos políticos algunas herramientas como leyes y decretos que buscan proteger y rescatar el valor del recurso hídrico y del suelo circundante y puesto que Colombia es un país con gran recurso hídrico en cuanto al régimen de lluvias nuestro país registra uno muy variado, debido a las características de circulación atmosférica y las diferencias de contenido de humedad, adicionalmente citando la oferta hídrica disponible en Colombia es de 12000 m³/hab/año (Ministerio del medio ambiente , s.f.) Por lo cual el gobierno nacional con el actual plan nacional de desarrollo busca ubicar al país en la senda de crecimiento sostenible con cohesión social. Más explícitamente está el programa nacional de sostenibilidad, cuya propuesta se concreta en los proyectos de aprendizaje en equipo donde convergen la comunidad, las instituciones académicas como promotoras del conocimiento científico y los actores políticos como ente regulador y gestor.

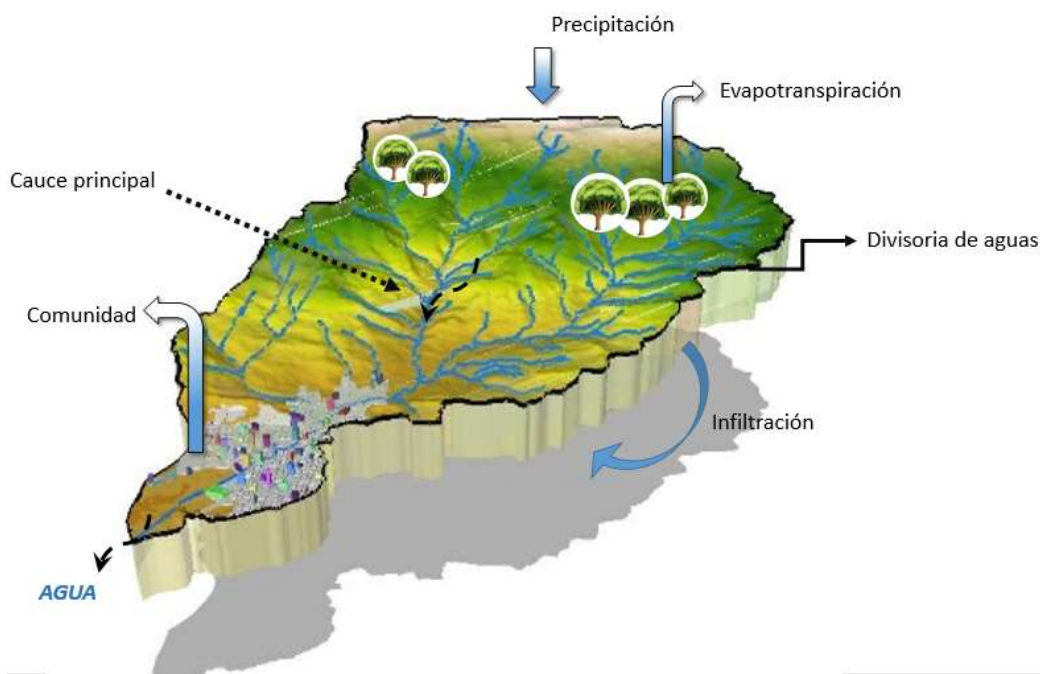
Por todo esto es imprescindible vincularse a un consenso social en busca de una respuesta objetiva que permita estudiar las interacciones del sistema dinámico.

Por tal motivo se propone un modelo ejemplar estadístico que ligue toda respuesta del medio analizado y las técnicas para obtener la información a una intención objetiva. Es decir, todas aquellas técnicas destinadas a obtener o extraer información de la cuenca deben corresponder al fin de describir lo más exacto posible la realidad de lo que ocurre en el entorno social y ambiental. La principal razón de proponer un modelo objetivo radica en la adaptación a cualquier régimen político, el cual estaría capacitado para direccionar las labores de gestión que acojan la complejidad del sistema hidrográfico y el desarrollo sostenible.

Lo que traduce a políticas de un modelo económico que está en función del ambiente, puesto que la administración está ligada en la ordenación del territorio a manejar un lenguaje común, el cual debe comprender el conjunto de ideas datos, variables que definan y expliquen el modelo y brinden herramientas de solución frente a los posibles problemas. (ISAT, 2010)

Dentro de todo este complejo sistema la cuenca hidrográfica se puede caracterizar como un sistema de entradas, salidas y procesos.

FIGURA 3. Entradas. Salidas y procesos de una cuenca hidrográfica



Fuente: Autor

Desde lo anteriormente expuesto se entiende y argumenta la necesidad de un modelo de planeación integral del recurso hídrico, el cual está en continuo proceso de restructuración dado que el sistema cuenca comprende diferentes períodos de análisis y desarrollo.

De esta manera el POMCA será realizando con el propósito de tratar la problemática del momento. Dentro de un conjunto de seis fases integrales para el desarrollo total del plan de trabajo.

4.2 ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y GESTIÓN DE CUENCAS

Como ya se ha resaltado la importancia ambiental y social de las cuencas en el desarrollo de las actividades humanas, parte de la estrategia del ordenamiento del territorio es la ocupación ordenada y precisa.

Esta es una práctica que tiene un paralelo en la evolución del hombre, ya que a lo largo de la historia él ha vinculado su progreso a zonas ricas en cualidades ambientales, desde los primeros asentamientos humanos el hombre ha modificado el territorio para su propio beneficio, transformando y moldeando el territorio, desde remoción cobertura vegetal hasta la adecuación de la topografía, son un ejemplo de estas actividades.

Sin embargo, no siempre la ocupación del territorio se realizó conscientemente, ya que en muchos aspectos la dinámica ocupacional se centró en la urbanización de espacios naturales, y a medida que el perímetro urbano se amplió nuevas incursiones humanas se vieron sobre el suelo natural, y ya que estas alteraciones no siempre obedecieron a las probabilidades técnicas, características

físicas y estructurales que el terreno brindaba a estas intervenciones se suscitaron innumerables problemas de índole natural y que históricamente se convirtieron en amenazas o tragedias nacionales.

Es por eso que los diferentes procesos de articulación, desarticulación y reordenamiento de los componentes del territorio, al final se resuelven como consecuencia de las contradicciones y tensiones propias de cada proceso particular. O sea, según la ocurrencia -y quizá confluencia- de eventos naturales (favorables o desfavorables) y de aquellos eventos derivados del contexto político, militar, socioeconómico, cultural, incluso religioso: como las guerras, invasiones o pugnas de los diferentes grupos humanos de poder por lograr el control o apropiación de los territorios y sus recursos naturales. (ISAT, 2010)

Ya actualmente se tiene al POMCA como una herramienta reguladora de este aspecto, sin embargo, adicionalmente se puede vincular a este proceso el “ordenamiento territorial” el cual está diseñado para orientar las medidas de expansión más idóneas. Envuelve todo un conjunto de procesos articulados con el espacio sus características su vida y futura respuestas; Más precisamente se puede resaltar el concepto que emitió Jordán y Sabatini 1998

“Un conjunto de acciones concertadas para orientar la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos buscando su desarrollo socioeconómico, teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio considerado y la armonía con el medio ambiente”

“Ordenar el territorio significa vincular las actividades humanas al territorio. (...) La ordenación territorial ha de ser democrática, es decir, con participación de los ciudadanos; global, es decir, coordinadora e integradora de políticas sectoriales; funcional, en el sentido de adaptación a las diferentes conciencias regionales y en perspectiva, lo que significa que ha de tomar en consideración las tendencias y evolución a largo plazo de los aspectos económicos, sociales, culturales y ambientales que inciden en el territorio”

Se entiende así que el ordenamiento territorial es una relación de diferentes aspectos que conforman un todo, por esto se le ha dado el calificativo de holístico, adjudicando la característica y responsabilidad de muchos actores en función de un mismo fin.

Parece importante reconocer que cualquiera sea la forma, los instrumentos o métodos para el ordenamiento territorial, este debe necesariamente combinar tres objetivos: la cohesión económica y social de territorios nacionales o extra territoriales, el desarrollo sostenible y la denominada competitividad equilibrada de los territorios supranacionales en la región. (ONU, 2001)

Es importante resaltar la necesidad de incorporar el ordenamiento de cuencas hidrográficas a los diferentes mecanismos de ordenación territorial ya sean EOT o POT, ya que cada día se hace más evidente la demanda de recursos naturales, la intervención de las actividades industriales demanda un mayor uso de elementos sobre la tierra. De esta manera se tienen dos importantes enfoques que a su vez servirán como punto de congruencia.

En primera medida está el hecho de que el POMCA es el instrumento organizacional y regulador de los elementos físicos, vegetales, fauna, climáticos y de recursos naturales que pueden existir en

el interior de una cuenca determinada. Por otra parte, el ordenamiento territorial es el mecanismo por el cual se dicta o se reglamenta la mejor forma de ocupación del territorio geográfico. Por consiguiente, el ordenamiento territorial en aras de cumplir su deber, le es imprescindible garantizar la demanda y acceso a los recursos naturales que satisfagan las necesidades humanas, y en vista de que estos recursos son albergados sobre la extensión de la cuenca, se hace visible la dependencia de estos dos actores.

Una de las directrices generales para lograr una coherencia en el uso del suelo con los instrumentos de planificación estudiados es la estructura ecológica principal. Esta es una manera de abordar el Ordenamiento Ambiental Territorial y se define como el conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio. Cuyo objetivo principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones (Mosquera, Ángela Marcela Rentería, 2013) En cuanto al desarrollo y ejecución del POT se hace una articulación con otros elementos dentro de estos el POMCA, que como se enuncia en el Decreto 1640 de 2012 POMCA se convierte en un determinante ambiental del POT, objeto de concertación entre el municipio y la corporación, esta última avala la gestión ambiental que el municipio pretende desarrollar sobre el territorio.

Finalmente, todo este conjunto de ideas está en función de enfatizar la semejanza estructural de estos dos mecanismos a fin de que su articulación sea en lo más posible coherente a los aspectos naturales del territorio, que en consecuencia se reflejaran en un correcto uso del suelo.

Mejorar la gestión de territorio a nivel ambiental incluye múltiples factores a controlar, uno de estos es la intervención antrópica, ya que el desarrollo humano es el principal factor de mayor impacto sobre el sistema cuenca, la modificación tecnológica de esta determina la respuesta sostenible de esta. El estudio para la planificación territorial de cuencas se basa en la interrelación de diferentes disciplinas como la geografía, economía, ecología, geología sociología y algunos aspectos humanos entre otras.

Esto se ve expresado en la síntesis expuesta en la investigación doctoral “La cuenca urbana como unidad territorial para la planificación del desarrollo sostenible en ciudades de media montaña del trópico andino”

La cual dice

Que para la formulación de un ordenamiento es necesario tener como base dos factores principales: las cuencas hidrográficas y el cambio urbano, con ambas se puede determinar la viabilidad de ocupación. (Universidad nacional de colombia, 2014)

Siendo así la ocupación ordenada obedece a al entendimiento de singularidad ambiental de cada cuenca, cada una de estas ofrece una particularidad ecológica específica, que ha estado ligado al desarrollo cultural de una comunidad “de esta forma se pueden encontrar escenarios con tendencia a ser urbanizados o simplemente como áreas para la conservación natural que definitivamente no pueden ser intervenidas u ocupadas en actividades de mayor impacto” (Universidad nacional de colombia, 2014)

En el frente ambiental, la expedición de la Ley 99 de 1993 creó el Ministerio de Ambiente, el Sistema Nacional Ambiental. También adoptó el concepto de ordenamiento ambiental del territorio como la función atribuida al Estado de orientar y regular el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible.

Por último, se puede concluir que el énfasis de estos instrumentos radica en la regulación de la propiedad, el uso, la distribución, la conservación y la explotación de la tierra y los recursos naturales del territorio. Esto debe hacerse en un marco de equilibrio entre lo social, lo económico y lo ambiental.

TABLA 1. Principales instrumentos de manejo de recursos naturales renovables a considerar en los POMCAS Nivel Tipo

Nivel	Tipo	Instrumentos
Nacional	Planificación	Planes estratégicos de macrocuencas Zonificación ambiental reservas forestales Ley 2ª de 1959 Plan de manejo de áreas protegidas de orden nacional
Regional	Planificación	Plan de manejo ambiental de aguas subterráneas Plan de ordenamiento del recurso hídrico. Plan de manejo de áreas protegidas de orden regional. Planes de manejo de páramos, humedales y manglares. Planes de ordenación forestal. Planes de manejo integrado de unidades ambientales costeras. Estudios de identificación de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico. Demás instrumentos de planificación de recursos naturales renovables en el ámbito regional.
Regional o Local	Administrativos	Económicos: tasa por uso del agua, tasa retributiva Normativos: reglamentación de uso del agua, licencias ambientales, concesiones, permisos de vertimiento, acotamiento de rondas hídricas, ocupación de playas, cauces y lechos. Financieros: inversión del 1% - transferencias sector eléctrico, fondos nacionales y locales. Información: sistema de información del recurso hídrico, registro de usuarios del recurso hídrico. Seguimiento: seguimiento a las políticas, planes, programas y proyectos, monitoreo del recurso hídrico.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013.

4.2.1 Cuenca Urbana Y Desarrollo Sostenible

La cuenca urbana se define como el lugar donde se originan procesos urbanísticos o asentamientos humanos, con actividades sociales, económicas, políticas y culturales, apoyadas en sistemas tecnológicos artificiales que se desarrollan a expensas del sistema natural. (Cardona, 2013).

Esta cuenca tiene la particularidad que de que en su territorio se encuentra cierto grado de magnitud algún tipo de asentamiento o infraestructura urbana, o suelos destinados a la expansión urbana, por

otra parte, la cuenca del río Monquirá alberga casi un 40% del casco urbano del municipio de Sogamoso, por ende adquiere gran importancia el estudio de esta.

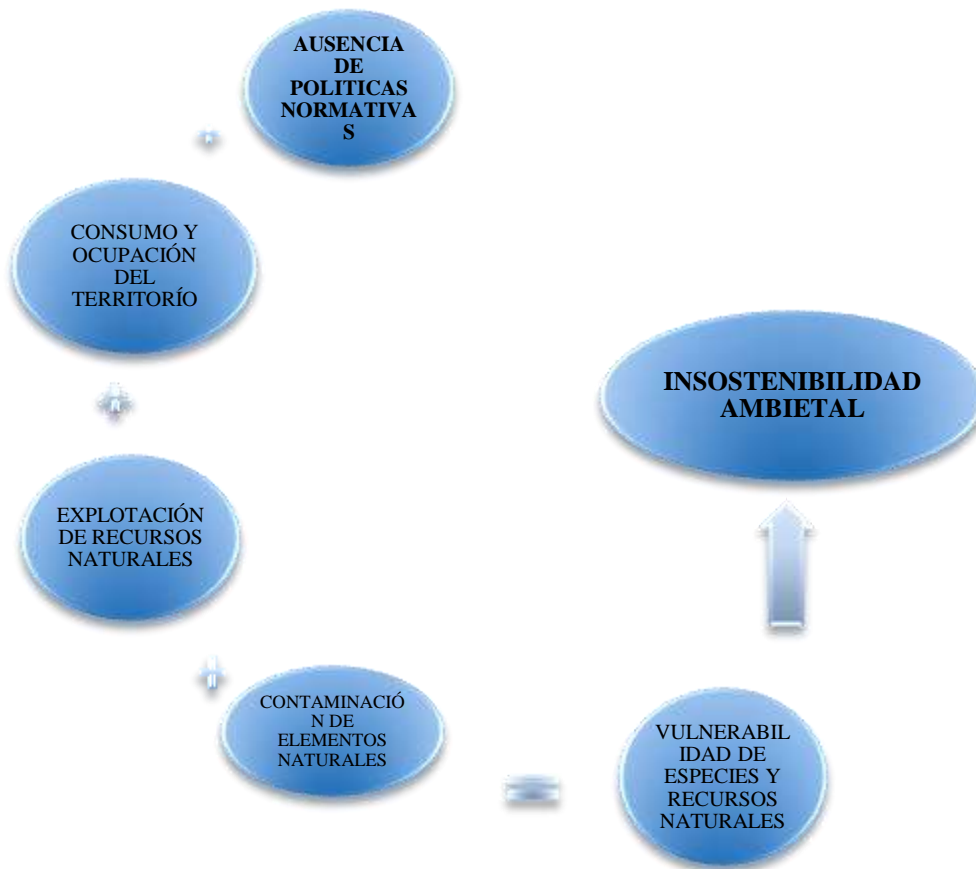
Con una geomorfología muy variada un relieve montañoso que desciende a formar un valle, estas mezclas de características físicas favorecen al régimen de lluvias, el aporte de aguas a los caudales de la cuenca que son afluentes de beneficio para los asentamientos humanos, este tipo de características son típicas en ciudades localizadas a lo largo de la Cordillera de Andina, pero estas mismas son un potencial para situaciones catastróficas sobre las poblaciones, cuando se presentan deslizamientos o movimientos de tierra, por cambios en los regímenes de lluvias, arrasando cultivos, animales y enseres cuando no vidas humanas. (Cardona, 2013)

Actualmente las actividades humanas conciernen un gran cambio sobre el territorio de la cuenca, la industrialización minera conlleva al aumento de los procesos industriales y la intervención del ambiente, esta industrialización desempeña un papel de motor de desarrollo a nivel nacional. Y ya que esta actividad como un ejemplo de muchas otras es un mecanismo de sustentabilidad social que en algunos casos está arraigada por la tradición cultural de algunas familias es inminente implementar un nuevo concepto que favorezca mutuamente a los actores implicados en esta, para ello se introduce el concepto de sostenibilidad, que se entiende como el equilibrio solidario entre la naturaleza y los individuos de una sociedad que residen continuamente en mutuo beneficio y sin alterar o amenazar la fuente de recursos naturales.

La sostenibilidad es un término de gran extensión y de múltiples tareas, se rige y se cumple en función de las últimas tendencias políticas, en materia de demanda y producción la sostenibilidad es amenazada por la directriz neoliberalista económica, que promueve la excesiva sobreproducción de materias primas fáciles y muy prácticas de consumir por países en vía de desarrollo. Este ritmo es evidente desde inicios de la revolución industrial, históricamente el hombre tiende a seguir evolucionando sistematizando sus necesidades y esta dinámica seguirá así de manera indefinida. Siendo así cabe resaltar que el avance tecnológico del hombre va de la mano con el desarrollo de una conciencia grupal, que vincule el “eco desarrollo” o sostenibilidad. Esto solo se logra con la concientización y educación ambiental de las masas. Sin embargo, La educación sobre la temática ambiental en la sociedad, es casi desconocida y en particular en la población que tiene menor grado de escolaridad. Poco reconocida por las clases dirigentes y con escasos signos de interés en aquellos industriales, por estar en juego los beneficios económicos, donde su producción depende de materias primas no renovables o vegetales y animales. (Cardona, 2013).

Esta conciencia debe ser un conocimiento común de todo ciudadano ya que la responsabilidad no es excluyente a nadie. La situación ambiental de las metrópolis se concentrara en torno a las políticas gubernamentales de gestión territorial, políticas incluyentes de múltiples factores, encaminadas a frenar el deterioro ambiental, a controlar la dinámica poblacional y de ocupación y aún más importante a comprender el territorio de la cuenca, su dinámica, amenazas naturales.

FIGURA 4. Factores que afectan la sostenibilidad Ambiental

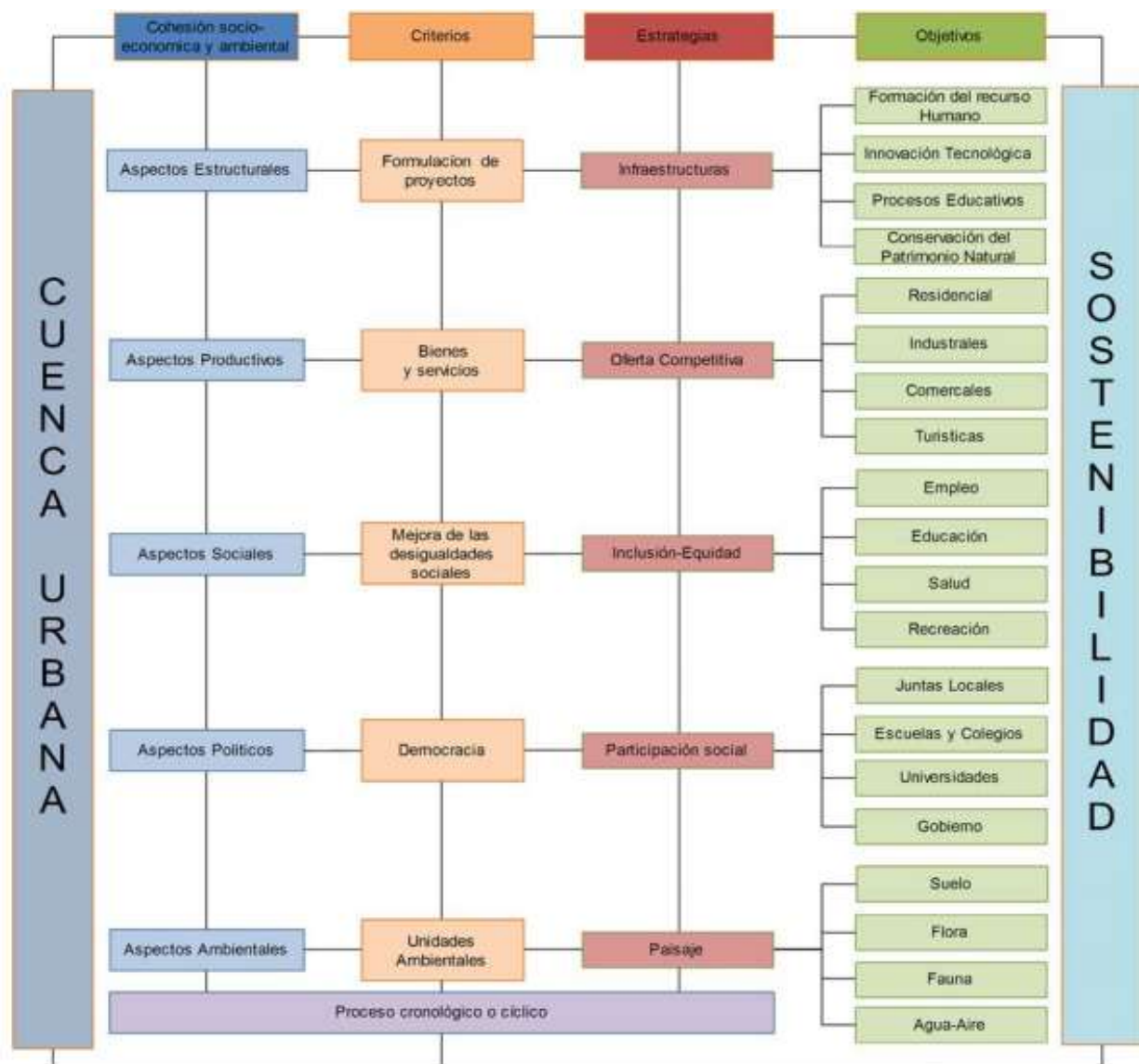


Fuente: Autor

Como ya se ha visto estos factores influyen la sostenibilidad no solo del territorio sino también de una sociedad, ya se ha mencionado la importancia de este tema. La planificación bien fundada de espacios contiguos a la ciudad, el control del uso del suelo, son algunos de los ejemplos sobre los cuales el organismo gestor demanda total compromiso.

En particular, las ciudades que se desarrollan en cuencas urbanas, como las intermedias en el trópico andino, deben buscar complementos entre el espacio geográfico en el que se inscriben y las instituciones que tienen la administración del tema ambiental, por lo tanto, las normas expedidas por las Corporaciones Regionales Autónomas, facultadas para el manejo del Patrimonio Natural Nacional, más las decisiones de los entes municipales como las Oficinas de Planeación, encargadas de llevar a cabo los planes de ordenamiento territorial, que determinan la ocupación del suelo, en forma regulada, bajo estrategias de desarrollo económico, deben procurar el lograr en el territorio, planes armónicos entre los componentes ambientales y las actividades culturales humanas.

FIGURA 5. Factores contribuyentes a la sostenibilidad.



Fuente: Tomando de “La cuenca urbana planificación como unidad territorial para la planificación del desarrollo sostenible en ciudades de media montaña del trópico andino”, 2014.

4.3 FASES Y PROCESOS DEL POMCA

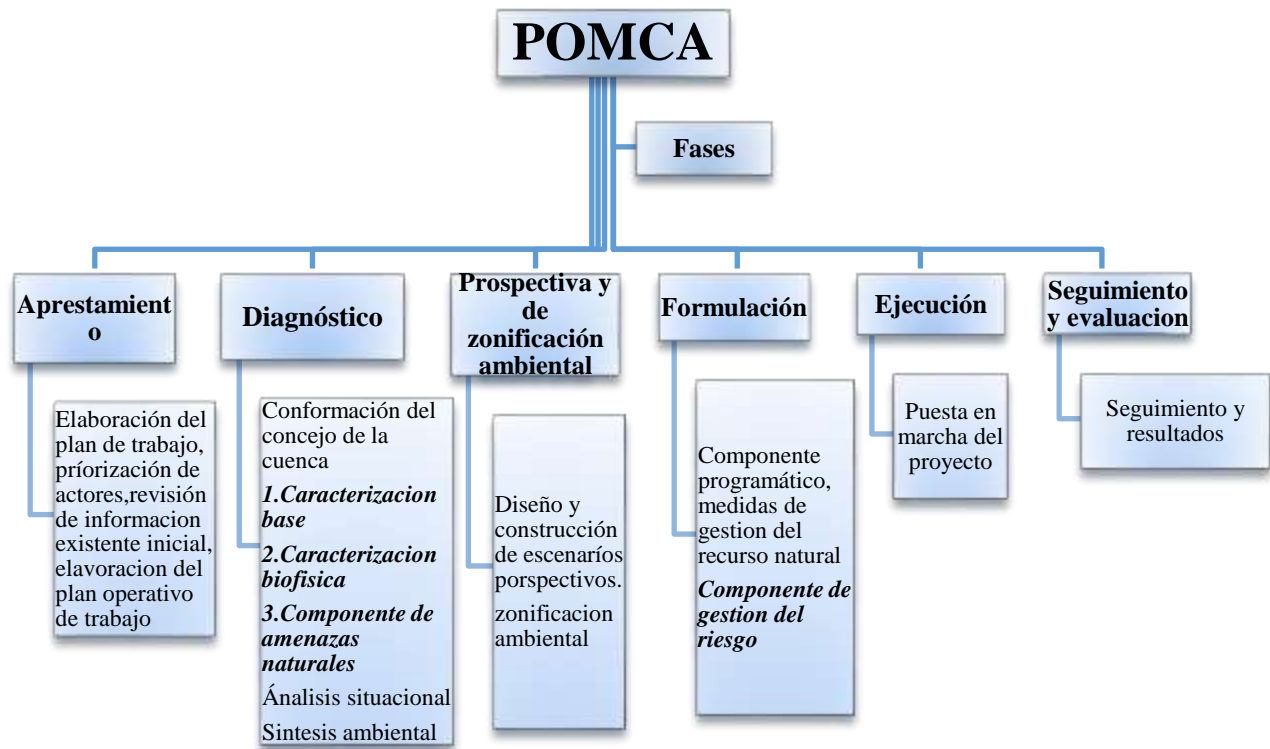
La guía utilizada para este estudio se emitió por el ministerio del medio ambiente en el año 2014 atendiendo a la dirección del gobierno nacional en el decreto 1729 de 2002 el cual reglamenta la Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993, y establece los lineamientos para la ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas, basados en la premisa del desarrollo sostenible. La formulación de esta guía inició en primera medida cuando el gobierno nacional designa al IDEAM como autor del primer documento técnico científico que reúna los aspectos ya mencionados. Este primer

documento recogió datos de talleres a nivel nacional que se hicieron para definir el alcance de la guía, y se elaboró a finales del 2003.

De esta manera el ministerio del medio ambiente recogió los aspectos temáticos y técnicos de esta primera guía con el fin de dar criterios y fundamentos a las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible.

La guía establece medidas y elementos técnicos para seis fases de desarrollo, con el objetivo de orientar y diseñar escenarios prospectivos. Orientar el proceso de ordenación y manejo de cuencas con la participación de los actores clave que influyen en las condiciones ambientales de la cuenca. Aplicar el procedimiento para la definición de la zonificación ambiental de la cuenca y el establecimiento de categorías de ordenación y zonas de uso y manejo, entre otros. (IDEAM, 2014). A continuación, se mostrará la estructura de las fases de la guía técnica.

FIGURA 6. Estructura general de las fases del POMCA



Fuente: Autor

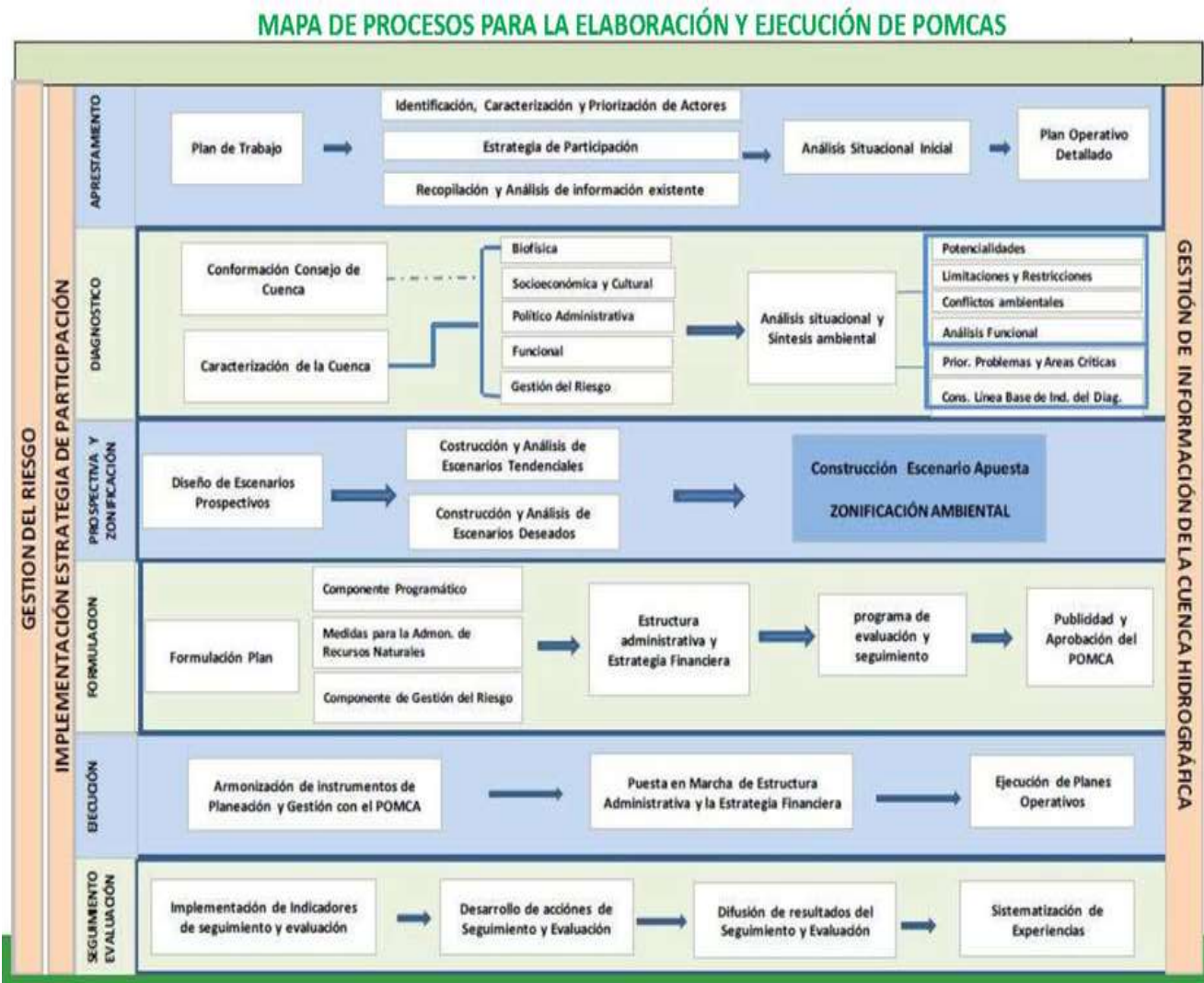
El desarrollo de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas se basa en la ejecución de seis fases en total, las cuales en orden de ejecución tenemos: aprestamiento, diagnóstico, prospectiva y zonificación ambiental, formulación, ejecución y seguimiento y, evaluación.

Dentro de estas fases se parte de identificar a los actores, los organismos que de una u otra manera están relacionados con la cuenca, a todos aquellos entes que servirán como veedores del proceso de ordenamiento y manejo. De igual manera se procede en otra fase a diagnosticar la cuenca dentro

de características ambientales físicas y bióticas, que servirán como punto de partida para diseñar escenarios prospectivos.

Corresponde a la Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible competentes coordinar la ejecución del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica, en el escenario temporal para el cual fue formulado, sin perjuicio de las competencias establecidas en el ordenamiento jurídico para la inversión y realización de las obras y acciones establecidas en la fase de formulación del Plan (Decreto 1640 , 2012).

FIGURA 7. Mapa de Procesos para la ejecución del POMCA



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente

4.4 FASE DE DIAGNOSTICO

En esta fase se consolidará el Consejo de Cuenca y se determinará el estado actual de la cuenca en sus componentes: físico-biótico, socioeconómico y cultural, político administrativo, funcional y de gestión del riesgo; que servirán de base para el análisis situacional y la síntesis ambiental de la cuenca objeto de ordenación y manejo.

En efecto, el diagnóstico permitirá conocer la situación actual de la cuenca y abordar de manera integral las potencialidades, conflictos, limitantes y posibles restricciones ambientales; además de brindar la posibilidad de identificar entre ellas las relaciones causa-efecto, las cuales serán el soporte para el desarrollo de las fases de prospectiva y zonificación ambiental y de formulación.

A continuación, se indica un resumen de los principales criterios, procedimientos y metodologías para cada uno de los procesos involucrados en esta fase, tomando en consideración que en los anexos A: Diagnóstico y B: Gestión del Riesgo de esta guía, se encuentran descritos con mayor detalle. Por consiguiente se describirán estos elementos como insumo en un futuro diagnóstico y ordenamiento de esta importante cuenca

4.4.1 Caracterización de la cuenca hidrográfica

En la caracterización se describe el estado o situación actual a nivel de la cuenca objeto de ordenación y sus respectivas subcuencas objeto de ordenación respecto a los diferentes componentes que la conforman, estableciendo las interrelaciones entre ellos (físico, biótico, socioeconómico y cultural, político – administrativo, funcional y de gestión del riesgo).

Se abordaran aspectos de distribución espacial geográfica, límites territoriales y aspectos políticos administrativos a escala municipal definidos y plasmados en cartografía oficial básica la cual sobrellevara elementos temáticos definidos.

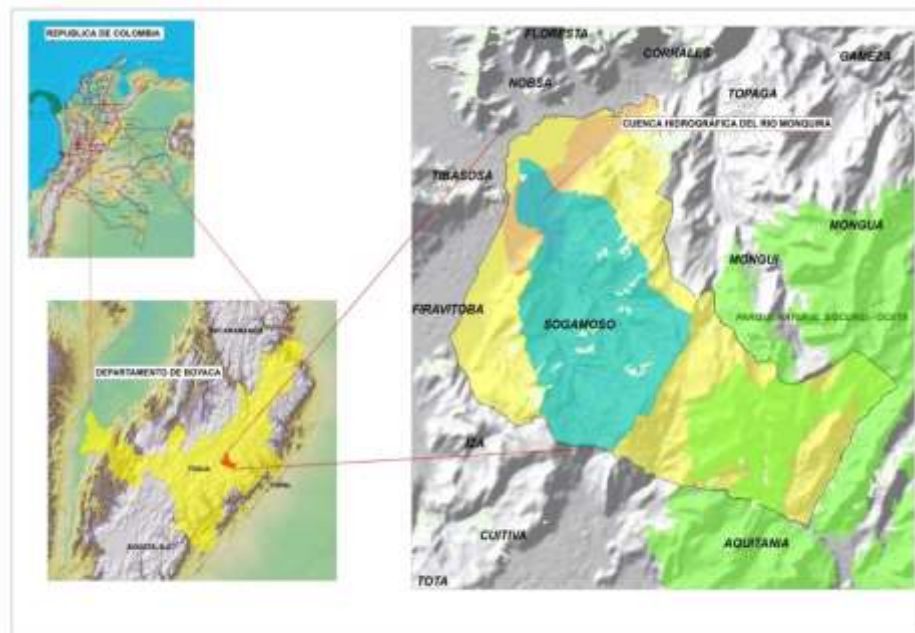
5 CARACTERIZACION BASICA DE LA CUENCA DEL RÍO MONQUIRÁ

5.1 LOCALIZACION

La zona de Estudio, corresponde al territorio tanto rural como parte del casco urbano del municipio de Sogamoso en el departamento de Boyacá. Se localiza en la cordillera oriental de Colombia, a 210 km de la capital del país y a 60,9 km de Tunja, la capital del departamento.

El área de interés yace sobre relieve de altiplano, el cual es típico de esta parte del país entre bordes marcados por rocas plegadas producto de la orogenia andina que a su vez moldeo y conformo el paisaje actual de valles rodeados por montañas. Hidrográficamente conforma la región del alto Chicamocha, con una altitud media de 2.569 m.s.n.m, y temperaturas promedio de 18 °C, su cauce principal es el Río Monquirá, el cual vierte sus aguas sobre el río Chicamocha, cuenta con un área de 72.254 Km² equivalentes al 34.54% del área total del municipio y a un 37% del tejido urbano. Dentro del municipio abarca en gran parte el costado sur oriental, en cuanto a su división hidrográfica esta limita al oriente con la franja de amortiguación de paramo del parque natural Siscunsi – Ocetá, al sur la divisoria de aguas debido a que no obedece a límites administrativos se amplía más allá del demarcación municipal de Cuitiva, resaltando así el sentido hidrológico en la delimitación de la cuenca.

FIGURA 8. Localización Área de la cuenca del río Monquirá



Fuente: Autor

5.2 DIVISION POLITICO ADMINISTRATIVA

5.2.1 Oferta institucional

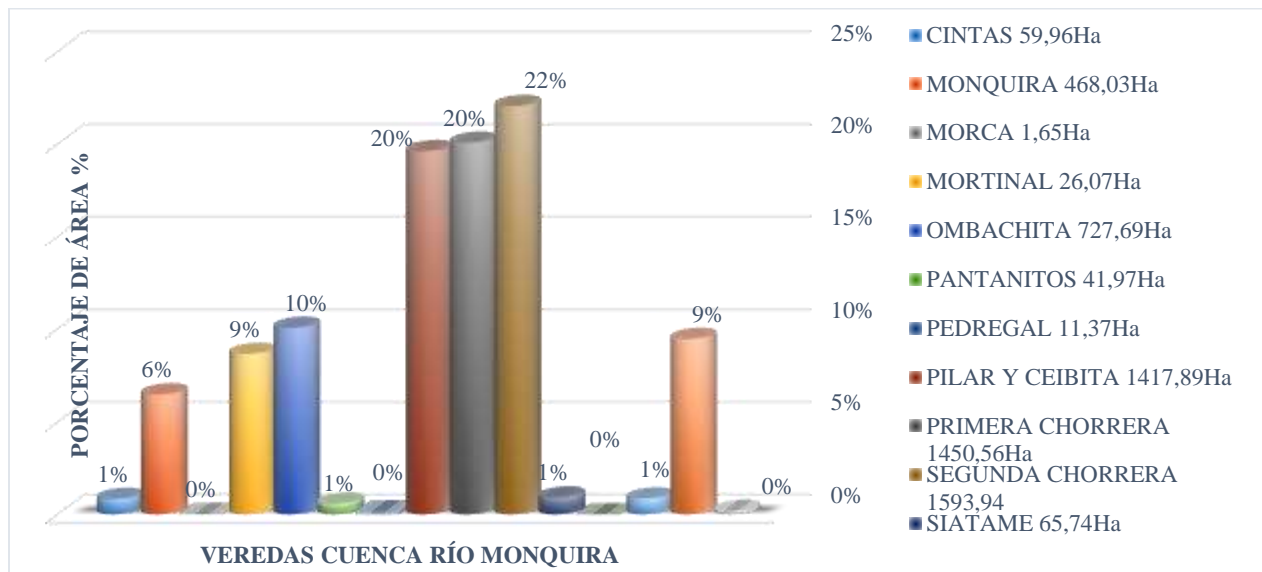
La cuenca del río Monquirá hace parte de la cordillera oriental de Colombia en la región fisiográfica del altiplano cundiboyacense, presenta algunos escarpes a la parte alta donde nace su cauce principal, en su parte baja yace sobre suelos lacustres del valle de Sogamoso, dentro del municipio se extiende sobre el costado este desde el casco urbano y cuenta con un área de 7225,4767 Ha equivalente al 34.54% del área total del municipio.

Adicionalmente ocupa 37% del área del perímetro urbano con una extensión 684,30Ha, municipalmente está compuesta parcialmente por las veredas: las Cintas, Villita y Mal paso, Siatame, Primera Chorrera, Pedregal, Vanegas, Mortiñal, Monquirá, Pantanitos, Morca, Ombachita, Pilar y Ceibita, Segunda Chorrera, Zona urbana.

Sobre el costado sur su divisoria de aguas limita con el municipio de Cuitiva, por otro lado, la divisoria oriental hace parte del complejo de paramos Tota-Bijagual-Mamapacha, el cual cubre un área de aproximadamente 10463.55Ha del municipio de Sogamoso equivalente al 50% del área total de este. El complejo hace parte del sector aledaño al lago de Tota sobre el borde del altiplano cundiboyacense y fue delimitado mediante la resolución No. 1771 del 28 de octubre 2016 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante la cual se adoptó como un determinante ambiental y se dictaron otras disposiciones en razón de ser una pieza clave en la regulación del ciclo hídrico y proveedor de agua potable (Ambiente, Ministerio medio, 2016). Sobre la cuenca el complejo cubre un área de 2661,68 Ha equivalente al 36% de esta.

Adicionalmente haciendo parte de la infraestructura civil de gran importancia se encuentran dos centros poblados, el crucero y pantanitos, de la misma forma algunos bienes inmuebles como el Museo Del Sol, I.E. Sugamuxi, Plaza de la villa, Alcaldía municipal, entre otros. Adicionalmente el gobierno municipal desarrollo un ente administrativo de cohesión social y servicio rural creando las unidades multiplicadoras de desarrollo con el fin de dar respuesta coordinada y concertada (involucrado entes públicos, privados y no gubernamentales), a los problemas de la comunidad en lo relacionado con sus necesidades básicas, y ambientales por tal motivo se establecieron 14 unidades de las cuales seis están dentro del territorio de la cuenca, sin embargo en más de 12 años de vigencia del plan no han tenido algún nivel relevante de desarrollo. Estas unidades se encuentran en las veredas Ombachita, Monquirá, Mortiñal, Segunda Chorrera, Primera Chorrera, Pilar y Ceibita.

FIGURA 9. Extensión de área por veredas sobre la cuenca



Fuente: Autor

TABLA 2. Extensión de área por veredas sobre la cuenca

Vereda	Área Ha	Porcentaje
CINTAS	59,96	1%
MONQUIRA	468,03	6%
MORCA	1,65	0%
MORTINAL	626,07	9%
OMBACHITA	727,69	10%
PANTANITOS	41,97	1%
PEDREGAL	11,37	0%
PILAR Y CEIBITA	1417,89	20%
PRIMERA CHORRERA	1450,56	20%
SEGUNDA CHORRERA	1593,94	22%
SIATAME	65,74	1%
VANEGAS	0,54	0%
VILLITA Y MAL PASO	61,81	1%
ZONA URBANA	684,30	9%
EXTRA PERIMETRAL	13,95	0%
Total general	7225,47	100%

Fuente: Autor

[illegible]

Por esta razón dentro de la línea estratégica de gestión ambiental del territorio la corporación bajo el programa de instrumentos de planeación está en facultad de formular o ajustar los POMCAS de las unidades hidrográficas bajo su jurisdicción, cumpliendo así la labor interinstitucional de gestión del recurso hídrico. En este contexto y ya que la cuenca del Río Monquirá en función de la jerarquización y codificación de unidades hidrográficas de Colombia hace parte de la cuenca alta del Río Chicamocha a la cual se priorizó y se declaró objeto de ordenación en el año 2006 (CORPOBOYACA, UNAL, UPTC, 2006). Partiendo de este punto se puede resaltar esta labor como objeto administrativo más relevante de planeación dentro del área de estudio en la actualidad, no obstante, el objetivo fundamental conservacionista y de sostenibilidad de este trabajo es identificar el nivel de desarrollo de las unidades subsiguientes de menor nivel, identificando así elementos de conservación o deterioro, tendencias de ocupación y estados de ecosistemas entre otros.

6 CARACTERIZACION BIOFISICA DE LA CUENCA DEL RÍO MONQUIRÁ

En el siguiente capítulo se presentará la descripción técnica, caracterización y espacialización del conjunto de elementos de la cuenca que articulan y componen el medio físico-Biótico, y a su vez condicionan la respuesta frente al accionar del sistema dinámico. Cada uno de estos elementos aporta características individuales al medio natural que servirán como indicador directo frente a la vulnerabilidad general ante procesos antrópicos.

Esto se realiza analizando aspectos definidos relacionados con su génesis y su distribución espacial. En vista de la necesidad de contener la información físico biótica plasmada sobre unidades territoriales definidas que permitan estimar interacciones espaciales y relacionarlas al desarrollo económico de la región.

Caracterizar la cuenca permite conocer las condiciones ecosistémicas predominantes, su posición bajo efectos del modelo ocupacional del territorio y las repercusiones que este trae sobre la cuenca. De esta manera se hace importante resaltar un factor determinante en cuanto a las propiedades de los elementos ambientales y su correlación respecto a la cercanía con el casco urbano, pues es bien sabido como ejemplo a la parte hidrológica que la proximidad de la urbanización tiende a modificar los regímenes de flujo de los arroyos, adicionalmente la urbanización incluye la evolución de la cobertura vegetal, una disminución de la cobertura modifica la recarga de los acuíferos, aumentando la escorrentía y la degradación de la corriente sobre los suelos.

Estos son algunos de los elementos naturales que se pueden suscitar como ejemplo al resaltar la importancia del conocimiento técnico de la cuenca, sumando de igual forma el hecho de que son bio-indicadores de los ecosistemas de la cuenca, el registro detallado y cronológico de estos aporta indicios de la evolución de los individuos y su afectación por el proceso urbanístico. Por otro lado, el modelo ambiental integra a la ciudad como un tejido vivo que acoja la dependencia entre los sistemas físico-bióticos y el sistema socioeconómico, garantizando la calidad y disponibilidad de los recursos naturales a generaciones futuras sobre escenarios prospectivos. Estos desarrollados en la base de un correcto diagnóstico de las características de cada uno de los elementos.

6.1 CLIMA

Los parámetros climatológicos y de precipitación corresponde a datos de mediciones efectuadas por el IDEAM, en estaciones ubicadas en la zona de influencia (POT Sogamoso, 2013)

TABLA 3. Estaciones Pluviométricas – Municipio de Sogamoso

Tipo estación	PM	CP	PG	CP	PG
Elevación (m.s.n.m)	3225	2500	3400	2530	2500
Municipio	Sogamoso	Sogamoso	Sogamoso	Nobsa	Sogamoso
Lat.	05° 38' N	05° 41' N	05° 37' N	05° 47' N	05° 45' N
Coordenadas	Long.	72° 55' W	72° 58' W	72° 53' W	72° 56' W
Parámetros y periodo de registro					
Precipitación	1969-2002	1982-2004	1971-2004	1967-2004	1983-2001
Temperatura	-	1982-2004	-	-	-
Humedad relativa	-	1982-2004	-	1967-2004	-
Evaporación	-	1982-2004	-	1968-2004	-
Brillo solar	-	1983-2004	-	1969-2004	-
Nubosidad	-	1982-2004	-	1968-2004	-
Tensión de vapor	-	1982-2004	-	1967-2004	-
Velocidad viento				1974-2004	

Fuente: IDEAM

6.1.1 Temperatura

El municipio de Sogamoso se extiende desde los 2500 m.s.n.m. hasta los 3400 m.s.n.m, lo que implica temperaturas medias que fluctúan entre los 13.7 °C y los 14.8 °C. A continuación, en la Tabla 4, se registran los valores medios, máximos y mínimos de temperatura media para la estación Aeropuerto Alberto Lleras C. (POT Sogamoso, 2013)

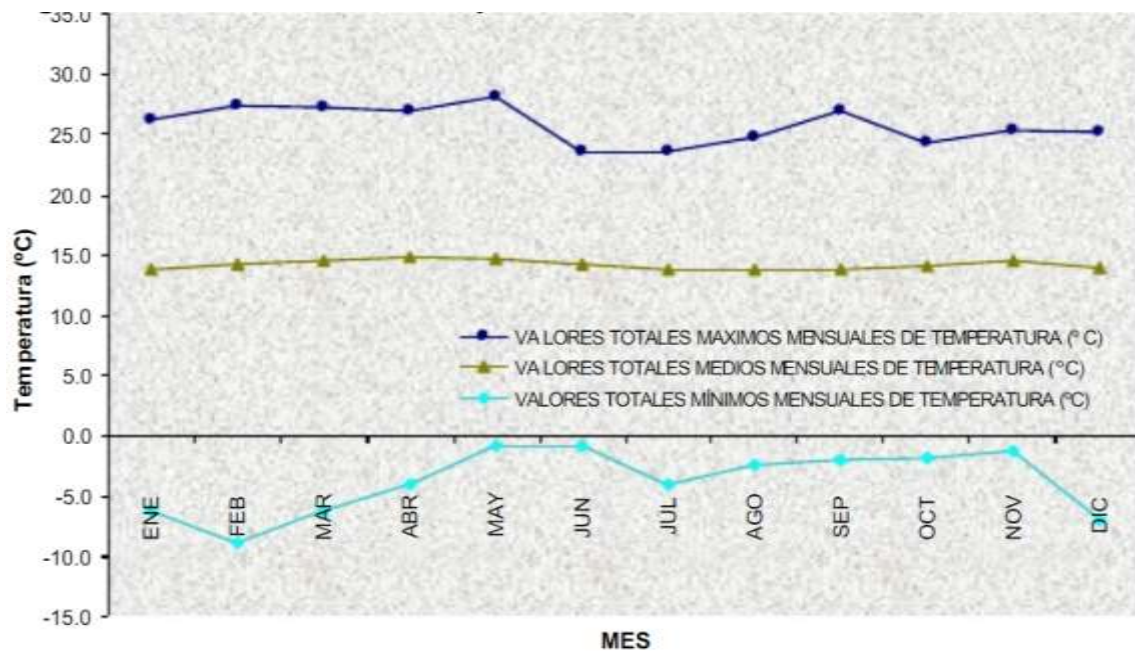
TABLA 4. Resumen valores totales medios mensuales de temperatura (°C) Aeropuerto Alberto Lleras Camargo

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Medios	13.9	14.2	14.6	14.8	14.7	14.2	13.8	13.8	13.8	14.1	14.5	14	14.2
Máximo	14.7	15.9	16	16.6	15.6	14.9	15	14.6	14.7	15.4	15.4	14.9	16.6
Mínimo	12.8	13.3	13.7	13.9	13.9	13.4	13	12.8	13	13.4	13.9	13	12.8

Fuente: IDEAM

De acuerdo con la tabla anterior, se puede observar que la temperatura media anual de la ciudad de Sogamoso es de 14.2 °C; además se puede observar que el rango de temperatura mínima media y máxima media varía en una magnitud de 3.8 °C lo cual da cuenta de la homogeneidad de la temperatura media durante el año. (POT Sogamoso, 2013)

FIGURA 11. Variación de la temperatura



Fuente: IDEAM

Así mismo, las variaciones de temperatura en el municipio de Sogamoso fluctúan entre un máximo de 28.2 °C registrado en el período de lluvias marzo-mayo, y un mínimo de -8.8 °C que ocurre básicamente en el período seco de diciembre a marzo. (POT Sogamoso, 2013)

6.1.2 Brillo Solar

En la Tabla 5 y Tabla 6, se consignan los valores medios, máximos y mínimos mensuales de brillo solar para las estaciones climatológicas Aeropuerto Alberto Lleras Camargo y Belencito, respectivamente. En la Figura 12 se muestra la gráfica de los valores medios de brillo solar de las estaciones ya mencionadas y su valor promedio (POT Sogamoso, 2013)

TABLA 5. Resumen valores medios mensuales de Brillo Solar (Horas) aeropuerto Alberto Lleras Camargo

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Medios	230.2	181.4	173.7	132.2	124.7	134.7	148.6	143.5	136.1	142.5	165.8	201.6	1915
Máximos	272.1	229.6	213.5	169.6	163.6	180.5	174.6	171.8	171.3	204.8	206	251.8	272.1
Mínimos	150.4	116.9	119	99.2	103.5	103	82.6	100.5	101.6	96.2	111.6	144.1	82.6

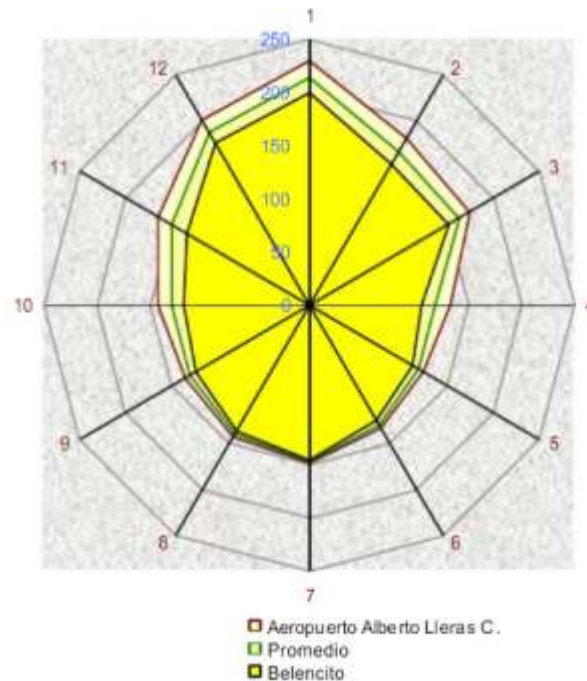
Fuente: IDEAM

TABLA 6. Resumen valores medios mensuales de Brillo Solar (Horas) estación Belencito

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr Anual
Medios	199.6	153.4	151.9	105.3	113.4	122.1	145.4	137	124.4	118.9	133	175.5	1683
Máximos	253.7	205	216.9	143.9	163.5	167.2	170	174.7	164.2	155	169.1	244.3	253.7
Mínimos	110	108.4	109.3	41.5	67.2	89.9	113.7	95.9	75.6	88.3	94.3	99.4	41.5

Fuente: IDEAM

FIGURA 12. Albedo Solar



Fuente: IDEAM

El registro muestra que el período seco comprendido entre noviembre-marzo arroja un valor que supera las 150 horas mensuales; en tanto que la temporada húmeda, consecuentemente, presenta los valores mínimos. El período abril-mayo presenta los registros más bajos con un valor aproximado de 100 horas. (POT Sogamoso, 2013).

6.2 GEOLOGIA

6.2.1 Marco Geológico local

La cuenca del Río Monquirá hace parte de la provincia geológica central, donde las formaciones geológicas contenidas en la cuenca, conforman la historia geológica de la cordillera oriental de Colombia, cuyo indicio de levantamiento se dió en el cretácico inferior con el descenso en el nivel del mar y la aparición de arcos de islas. En el Cretácico Superior-Paleoceno se generó una primera fase de deformación (Cooper, et. al., 1995) debido a la acreción de la Cordillera Occidental, que

determinó la finalización de la sedimentación marina, para dar lugar a depósitos continentales de la mayoría de formaciones de la cuenca, caracterizada por ambientes de ríos meandriformes y trenzados representados en la parte alta de la Formación Guaduas.

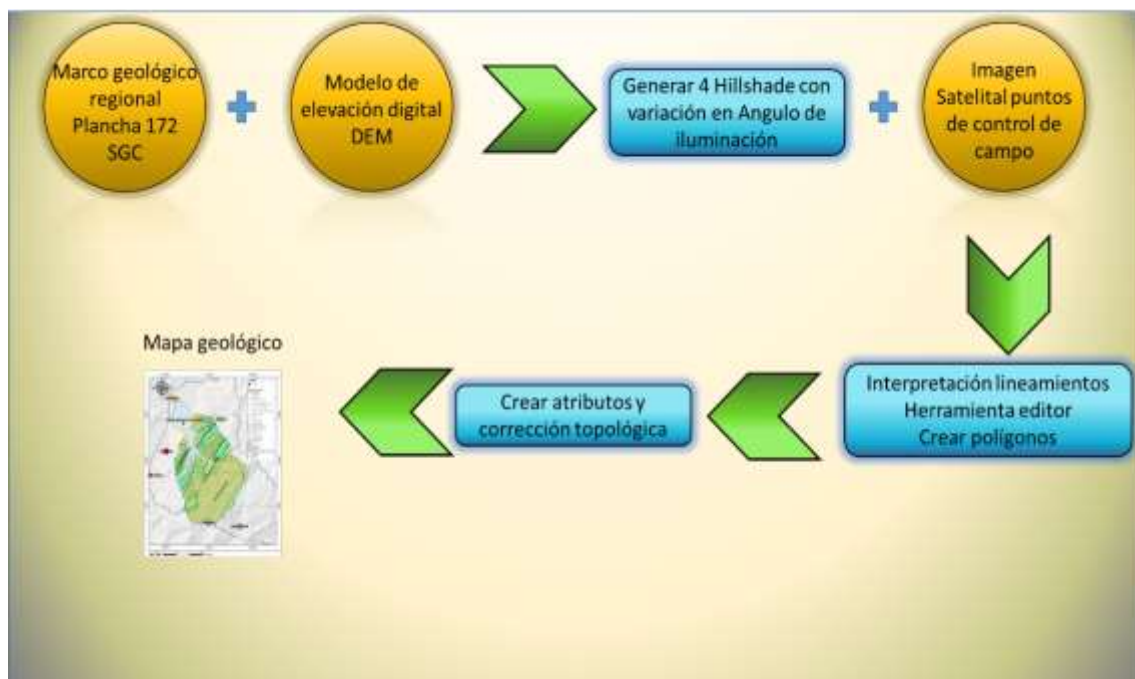
Finalmente, posterior a este evento se generaron cuencas intracordillera que dieron lugar más tarde a la depositación de sedimentos cuaternarios producidos por glaciares, ríos y lagos.

Con base en lo anterior las unidades geológicas representadas se limitaron exclusivamente al área de la cuenca, así mismo con las fallas y estructuras más representativas.

Por otro lado referente a la geología histórica y entendiendo que esta describe los eventos más relevantes ocurridos a lo largo del tiempo y cuyo fin es suscitar una explicación a los complejos procesos que moldearon y construyeron el paisaje actual, se describen eventos a escalas de tiempo en millones de años, así por ejemplo al hablar de rocas cretácicas se habla de sedimentos depositados hace 144 a 66.4 m.a (GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, 1983), por otra parte es de igual importancia reconstruir los ambientes donde se dio la sedimentación, de esta manera se tendrá el croquis de la evolución geográfica de la cuenca; siendo así a continuación se expondrán los eventos y procesos ocurridos en la cuenca de manera resumida, adicionalmente se incluyen procesos ocurridos en regiones aledañas que puedan tener influencia sobre el territorio.

Para la elaboración del mapa geológico local de la cuenca se partió desde el marco geológico escala 1:100000 del servicio geológico colombiano adicionalmente se introdujo aspectos y puntos de control en campo para la validación de las unidades lito estratigráficas y lineamientos estructurales, a continuación se muestra el diagrama de flujo para su obtención así como las herramientas empleadas.

FIGURA 13. Modelamiento para la obtención del mapa geológico



Fuente: Autor

FIGURA 14. Resumen de la geología histórica de las unidades presente en la cuenca del Río Monquirá



Fuente: Autor

6.2.2 Estratigrafía

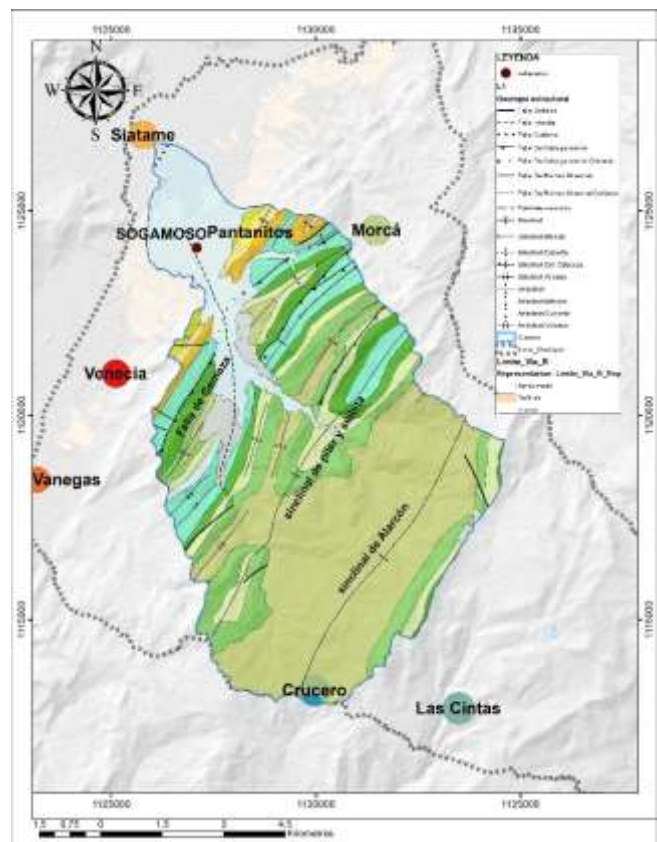
La cuenca del río Monquirá está compuesta por unidades que abarcan edades desde el Cretáceo Inferior hasta el Paleógeno consiste en rocas sedimentarias depositadas en ambientes marinos a continentales, esta transición paleogeográfica es evidencia de una gran dinámica en la evolución geológica de la zona. Las unidades aflorantes descritas yacen inmediatamente sobre otros potentes conjuntos que suprayacen a un basamento ígneo metamórfico de filitas y esquistos del cambro-otdoviciano, e intruidas por granitos y sienitas cuarzosas post y predevonianas (Jairo Mojica, 1984). en orden geocronológico fueron denominadas así: la Formación Chipaque (Ksc), seguida de la Formación Plaeners (Ksgp), la Formaciones Labor y Los Pinos (Ksgpi), la Formación Arenisca Tierna (Ksgt), la Formación Guaduas (KPgg), la Formación Areniscas del Socha (Pgars), la Formación Arcillas de Socha (Pgas), la Formación Picacho (Pgp), la Formación Concentración (Pgc) y los Depósitos cuaternarios.

FIGURA 15. Estratigrafía de la Cuenca del río Monquirá



Fuente: Autor

FIGURA 16. Mapa geológico cuenca del rio Monquirá



Fuente: Autor

6.2.2.1 Formación Chipaque (Ksc)

El término Chipaque fue empleado por primera vez por Hubach (1931) lo forma la caliza de Chipaque o Nivel de Exogyra squamata, el cual es una especie de bivalvo extinto. En su base está limitada por el miembro arenoso de la Formación Une y en el techo por el miembro Arenisca Dura

de la Formación Arenisca Tierna. La unidad está constituida por delgadas capas de lodolitas negras, intercalaciones de cuarzoarenitas, en la base lutitas y limolitas negras, en la parte media superior lutitas con intercalaciones de areniscas de 3 a 4 m de espesor. Localmente presenta un nivel calcáreo en la parte media de la formación. Localmente la formación se extiende al costado sur oriental de la cuenca ocupando el 40% de esta, aflorando en las veredas, Mortiñal Alto, Mortiñal Bajo, Primera Chorrera, Pilar y Ceibita, Segunda Chorrera, y Monquirá. De acuerdo con la posición estratigráfica de la Formación Chipaque, su base se considera de edad Cenomaniano, su techo se considera del Coniaciano o Santoniano. Hacia el sector Rejoya aflora el segmento basal de arcillolitas grises, con intercalaciones de capas de areniscas, las cuales han sido sometidas a intensa actividad tectónica, pues en esta zona se presenta la confluencia de dos estructuras plegadas de tipo sinclinal (sinclinal de Pilar y Seibita) seguida de una de tipo anticlinal (Anticlinal de Alarcón). Este tipo de convergencia de esfuerzos compresivos sobre rocas blandas adicionalmente la coyuntura entre flancos ha generado plegamientos menores en el tránsito de estas dos estructuras, como continuación se observa.

FIGURA 17. Formación Chipaque (Ksc) Sector Rejoya quebrada la carbonera



Fuente: Autor

6.2.2.2 Grupo Guadalupe

Hubach (1931) considera a este conjunto a las formaciones que fueron definidas por encima del nivel de caliza de la formación chipaque, este grupo queda dividido en dos conjuntos, Guadalupe Inferior Arcilloso y Guadalupe Superior Arenoso, de igual forma subdivide a esta ultima de base a techo en los miembros: Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca Tierna. Posteriormente Renzoni (1962) Redefine englobando al Guadalupe inferior como Formación Chipaque y eleva a la categoría de formación los miembros Arenisca Dura y Planers, y agrupa los niveles Arenisca de Labor, Arenisca Tierna y el Horizonte Arcilloso.

6.2.2.3 Formación Plaeners (Ksgp)

El término Plaeners con el carácter de unidad lito estratigráfica fue introducido por Hubach (1931). Bajo la denominación horizonte Plaeners y posteriormente “Miembro Plaeners” Hubach (1957)

Está constituida en la parte inferior por un conjunto de cuarzo arenitas de grano fino, color gris claro, en capas gruesas a muy gruesas, estratificación plano paralela a plano no paralela, la parte media y superior está constituida por paquetes de limolitas silíceas, gris claras en capas delgadas con intercalaciones de chert y lodolitas gris claras fisibles con una edad de Campaniano hasta Maestrichtiano. (Ministerio de minas y energía, 2003) Geográficamente se distribuye sobre las veredas Las Cañas, Las Cintas, Primera Chorrera, Pedregal, Mortiñal Alto, Segunda Chorrera, Pilar y Ceibita. La figura a continuación mostrada revela el fracturamiento típico de la formación en planos paralelos y continuos, este registro fotográfico corresponde al eje del anticlinal de pilar y ceibita, localmente las rocas presentar buzamientos de 32°, adicionalmente son empleadas como material granular de recebo para vías aledañas.

FIGURA 18. Formación Plaeners (Ksgp) Vereda Pedregal alto sector Alto los cinco grandes, eje anticlinal de Pilar y Seibita.



Fuente: Autor

6.2.2.4 Formación Los Pinos (Ksgpi)

Para la región de la plancha geológica 172 se agrupa con la unidad labor en una sola formación. El nombre de la formación es dado por Ulloa & Rodríguez (1979b) al conjunto que en el departamento de Boyacá yace sobre la Arenisca de Labor, que en algunos municipios las facies de la Arenisca Labor se interdigitan con las de la formación los pinos. Aflora sobre las veredas Las Cañas, Las Cintas, Primera Chorrera, Segunda Chorrera, Mortiñal Alto, Pilar y Ceibita, Pedregal, Bajo, Monquirá, Ombachita y Morca. . (Rodríguez, Ulloa, & Rodríguez , 2003)

La unidad está constituida por arcillolitas, lodolitas físis, limolitas silíceas con intercalaciones de areniscas, en la parte superior areniscas de grano fino a medio, cuarzosos”. Y es considerada como Campaniano hasta Maestrichtiano inicial”. (Ministerio de minas y energía, 2003)

FIGURA 19. Formación Los Pinos Sector La Senda



Fuente: Autor

6.2.2.5 Formación Arenisca Tierna

Hubach fue el primero en utilizar este término para denominar al techo del grupo Guadalupe, dentro de la cuenca cuenta con un espesor de 43.40 m La unidad está constituida por cuarzo arenitas de grano fino a grueso, con colores grises claros, grises oscuros a amarillentas, algo friables, en estratos delgados a gruesos con estratificación plano paralela, ondulosa e inclinada. La formación adicionalmente comprende variados niveles de icnofósiles, y bioturbados generalmente se observan paquetes de cuarzo arenitas grano creciente, a calcáreos consideraron de edad Maestrischtiano.

Esta formación se extiende al costado oriental de la cuenca en las veredas Pilar y Ceibita, Monquirá, Morca, Segunda Chorrera, Primera Chorrera, con un rumbo Noreste y formando estructuras como el Anticlinal de Pilar y Ceibita, el Anticlinal de Morcá.

FIGURA 20. Formación labor y tierna (Ksgt) vereda pedregal alto sector la esperanza



Fuente: Autor

6.2.2.6 Formación Guaduas (KPgg)

Hubach restringe el término Guaduas, con categoría de formación y establece como localidad tipo el área de Guatavita. Van der Hammen (1957) sobre la cuenca se distribuye en las veredas Las Cañas, Las Cintas, Mortiñal Alto, Pedregal, Primera Chorrera, Segunda Chorrera, Villita y Malpaso, Mortiñal Bajo, Morca, Ombachita, San José y Monquirá. Compuesta por arcillolitas grises oscuras a negras, en capas delgadas con esporádicas intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino, grises claras, amarillento y rojizo, arcillas abigarradas con intercalaciones de areniscas hacia la parte inferior y media, frecuentes mantos de carbón. (Rodríguez, Ulloa, & Rodríguez , 2003)

Localmente esta formación es fundamental en la actividad minera, siendo la productora en la explotación de carbón.

Estratigráficamente se encuentra en contacto en la parte superior con la Formación Arenisca de Socha el cual corresponde a una inconformidad (Sarmiento 1944), Su edad de acuerdo con estudios palinológicos efectuados por van der Hammen (1957b), es del Maastrichtiano – Paleoceno. Sarmiento (1994) establece una edad Maastrichtiano superior - Paleoceno inferior. (Ulloa, Rodriguez, Fuquen, & Acosta, 2001) (Ministerio de minas y energía, 2003)

6.2.2.7 Formaciones areniscas del Socha (Pgars)

La Formación Areniscas de Socha propuesta por Alvarado & Sarmiento (1944) aflora en las veredas Las Cintas, Mortiñal Alto, Pedregal, Vanegas, Villita y Malpaso, La Ramada.

Localmente se compone de capas de cuarzoarenitas de grano fino a medio, blancas, grises pardas y grises amarillentas, cemento silíceo, en capas delgadas a muy gruesas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas grises claras y rojizas”. Estratigráficamente se encuentra infra yaciendo a la Formación Guaduas y supra yaciendo a la Formación Arcillas de Socha, se le asigna una edad con base en estudios palinológicos de van der Hammen (1957), del Paleoceno inferior y de acuerdo a los estudios palinológicos efectuados por Sarmiento en Osorno (1994), es del Paleoceno superior. (Ulloa, Rodriguez, Fuquen, & Acosta, 2001)

6.2.2.8 Formación Arcillas del Socha (Pgas)

Se propone el nombre de Formación Arcillas de Socha, que reemplaza al de Formación Socha Inferior de Alvarado & Sarmiento (1944). Aflora en las veredas Las Cintas, Mortiñal Alto, La Ramada, Pantanitos, Ombachita y San José; sobre la cuenca la unidad presenta un espesor de 217 m y está constituida en la parte inferior y superior por lodolitas gris oscuro que por meteorización dan tonalidades rojo amarillentas. La parte media de la formación, con algunos tramos cubiertos, está conformada por lodolitas gris oscuro con intercalaciones de arenitas líticas de grano fino a medio, color gris verdoso, en paquetes de 0,50 a 1,50 m de espesor, en estratos delgados a medios, estratificación ondulada a planoparalela. (Ulloa, Rodriguez, Fuquen, & Acosta, 2001)

La unidad se observa reposando concordantemente a la Formación Socha Inferior e infrayace en contacto paraconforme con la Formación Picacho, según Alvarado & Sarmiento (1944); Germeraad et al. (1968). La edad de la formación, de acuerdo con van der Hammen (1957), es del Paleoceno superior. (Ulloa, Rodriguez, Fuquen, & Acosta, 2001)

6.2.2.9 Formación Picacho (Pgp)

El nombre de Formación Picacho fue dado por Alvarado & Sarmiento (1944) para designar un conjunto potente de areniscas que descansa sobre la Formación Socha Superior y establece su localidad tipo en el cerro Chacón, en las veredas Villita y Malpaso, Pantanitos, La Ramada y San José. La unidad está constituida por cuarzoarenitas de grano medio hasta conglomerático, grises claras a blancas, con intercalaciones de arcillolitas grises claras y arcillolitas grises, areniscas de grano grueso, feldespáticas con frecuentes líneas de guijos de cuarzo de pocos centímetros de diámetro.

El contacto superior de la Formación Picacho con la Formación Concentración es concordante y neto, Van Der Hammen (1957), Esta unidad fue acumulada durante el Eoceno temprano según Germeraad et al. (1968) y entre el Eoceno temprano a medio según van der Hammen (1958). (Ulloa, Rodríguez, Fuquen, & Acosta, 2001)

6.2.2.10 Depósitos cuaternarios

En el área estudiada se diferenciaron los siguientes tipos de depósitos cuaternarios:

Glaciares (Qg)

Depósitos glaciares se presentan en el extremo noroeste en las veredas Las Cintas y Mortiñal Alto y constan de una serie de morrenas, formadas por bloques angulares, de arenitas y conglomerados, en una matriz areno arcillosa, sin ninguna selección”.

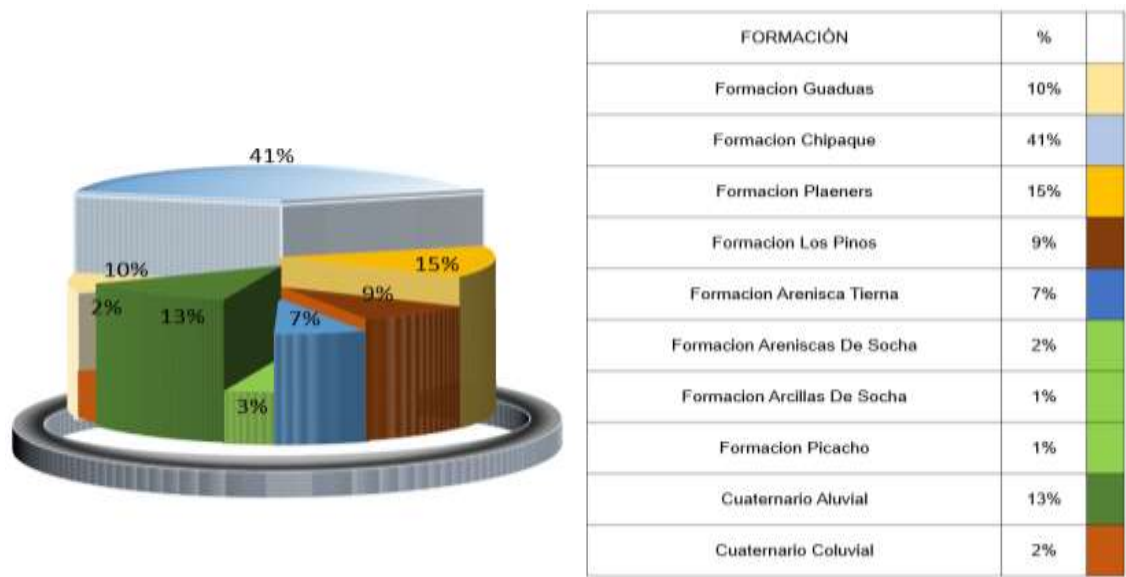
Coluviales (Qc)

Con el término coluviales se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares. Se localizan en las veredas Las Cintas, Las Cañas, Segunda Chorrera, Mortiñal Alto, Primera Chorrera, Monquirá, al costado SE del Área Urbana.

Aluviales (Qal)

Depósitos aluviales se ubican hacia las márgenes de los drenajes principales y consisten de bloques redondeados a subredondeados, principalmente de arenitas, en una matriz areno arcillosa. Presentan una morfología plana. Se localizan en las Veredas Siatame, La Manga, San José, en gran parte del Área Urbana, Villita y Malpaso, Venecia, Villita y Malpaso, Vanegas, La Ramada, Mortiñal y Las Cintas.

FIGURA 21. Distribución de las unidades geológicas dentro de la cuenca del Río Monquirá



Fuente: Autor

6.2.3 Geología Estructural

Dentro de las características estructurales de la cuenca se destaca la acción de un fuerte régimen compresivo producto de la orogenia andina, este margen indujo flexura en las rocas de la corteza, generando cambios significativos en el espesor de algunas unidades, y en los ambientes de sedimentación.

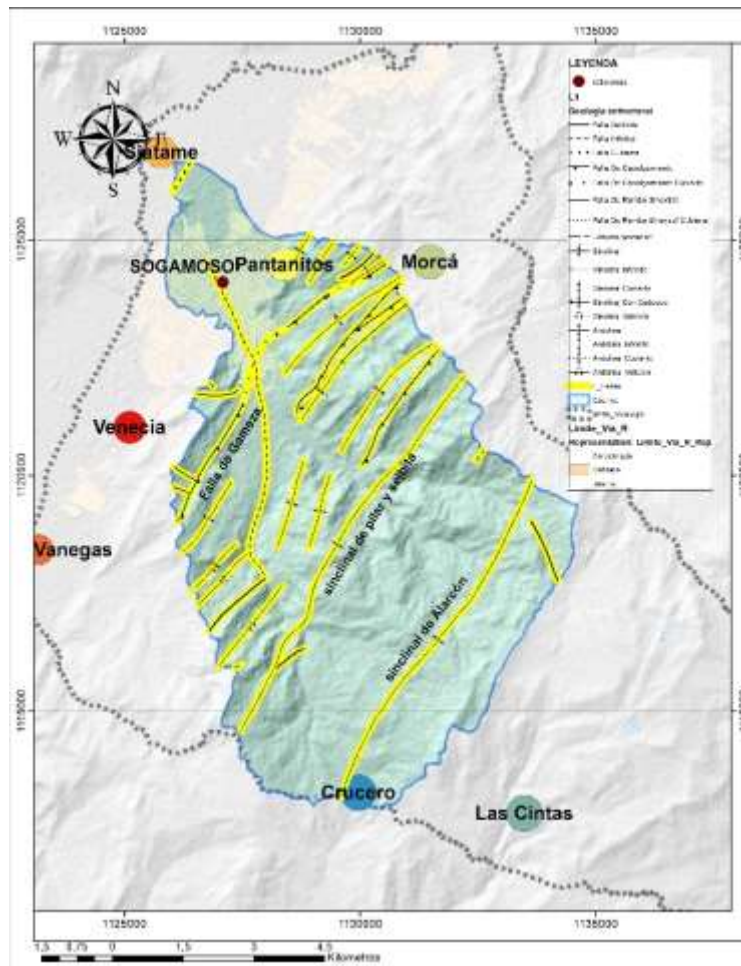
Como primer evento tectónico que actuó sobre la cuenca, se tiene el levantamiento de la cordillera central, la aparición de arcos de islas, e intrusiones magmáticas que provocaron la retirada del mar cretácico y configuraron un sistema de esfuerzos compresivos al oriente del país que genero fallas de tipo inverso de extensión regional, posteriormente la acreción de la cordillera oriental durante el Eoceno tardío (Victor Caballero, 2010) afecto localmente a la secuencia sedimentaria que compone la cuenca, forjando estructuras plegadas de tipo anticlinal y sinclinal y estructuras falladas inversas de extensión municipal y regional.

De la complejidad estructural para la zona de la cuenca del Río Monquirá debido a los eventos anteriormente expuestos se destacan elementos regionales como la falla de Gámeza, Falla de Soapaga, Tópaga, Mongua y Monguí, adicionalmente a estas se encuentran otras de carácter local como la Falla las Cintas; la dirección general de estos lineamientos es al Noreste.

Para la identificación inicial de los rasgos estructurales se tomó previamente la información contenida en la memoria geológica de la plancha 172, en cuanto al trazado de estas se hizo bajo procesamiento SIG. De esta memoria se destaca las grandes dislocaciones regionales producidas sobre las rocas del cretácico y el terciario a las que se le atribuye la formación de pliegues como el Anticlinal de Morca, Sinclinal Pilar y Ceibita, Sinclinal de San Miguel, estas estructuras también poseen el mismo rumbo Noreste de las fallas y las rocas.

La mayor complejidad estructural la registra el costado Noroeste de la cuenca, territorio sobre el cual yace gran parte del casco urbano, debido a la presencia de un sistema local de fallas inversas cuyo rumbo y trazado esta próximo al límite urbano. La existencia de este sistema tiende a deformar las rocas de los cerros orientales del municipio generando posibles zonas de inestabilidad y deslizamientos.

FIGURA 22. Lineamientos Estructurales y Fallas



Fuente: Autor

6.2.4 Fallas

6.2.4.1 La Falla de Gámeza

Es una falla de tipo inverso; coloca las Arenisca del Socha (Pgars) y gran parte de la Formación Guaduas (Kpgg) por encima de la Formación Arcillas del Socha (Pgas). La Falla hacia el suroeste se transforma en falla de tipo direccional con Rumbo Norte Sur, en la zona de Matayeguas la Falla

recobra su rumbo NE – SW. Al Norte de Gámeza la Falla se encuentra cubierta por los Rellenos Cuaternarios. Presenta inclinaciones hasta de 40° y desplazamientos verticales variables. (Rodríguez, Ulloa, & Rodríguez , 2003).

6.2.4.2 Falla de Topaga-

Esta Falla se puede observar al noreste de Topaga, donde levanta la Formación Ermitaño sobre la Formación Guaduas con un desplazamiento vertical de aproximadamente 300 metros, la Falla se desarrolla hacia el sureste, donde converge con la Falla de Gámeza. (Rodríguez, Ulloa, & Rodríguez , 2003).

6.2.4.3 Falla de Monguí.

Falla regional de tipo inverso, paralela a las anteriores, afecta a Las Formaciones de edad Cretácea como la Formación Guaduas (Kpgg).

6.2.5 Pliegues

6.2.5.1 Anticlinal de Morca

El anticlinal se encuentra ubicado al costado nor-oriental de la cuenca, su flanco occidental conforma el margen de los cerros que limitan el casco urbano. Su núcleo lo compone las lodolitas grises oscuras y areniscas cuarzosas de la formación Chipaque (Ksc) Hacia el flanco oriental es cortado por la falla inversa de Tópaga y adicionalmente es seguido de un pliegue sinclinal menor sobre la formación Guaduas (Kpgg).

6.2.5.2 Sinclinal de Pilar y Seibita

Es el último de una serie de pliegues menores que se extienden al costado oriental de la cuenca, sobre la vereda Mortiñal. El núcleo lo componen las arcillolitas grises oscuras, y areniscas friables de la formación Guaduas (Kpgg). Comprende una dirección Noreste, extendiéndose a lo ancho de la cuenca en la misma dirección, sin embargo se ha bifurcado en dos unidades por la erosión de gran parte de su núcleo, en la vereda Pedregal alto, lo cual ha dejado un remanente de este pliegue hacia ese sector.

6.2.5.3 Sinclinal de San Miguel

Este singular pliegue de tipo volcado se ubica al costado Suroeste de la cuenca, compuesto principalmente de arcillolitas grises oscuras, y areniscas friables de la formación Guaduas (Kpgg). Al sector el papayo su flanco Este conforma una estructura de tipo anticlinal volcado.

6.3 HIDROGEOLOGIA

El área de la cuenca del Río Monquirá se encuentra dentro de la zona hidrogeológica homogénea de la cordillera oriental, que está compuesta por una secuencia sedimentaria y vulcano clásticas plegada, la cual se caracteriza por comprender rocas del cretácico y el terciario limitadas por fallas que alojan acuíferos libres a confinados y depósitos recientes de origen fluvial y glacial con acuíferos libres a semiconfinados.

A pesar de esta ubicación el estudio del subsuelo en la cuenca del río Monquirá y en el municipio de Sogamoso con fin a la gestión hídrica es limitado, ya que actualmente dentro del POT solamente se hace referencia al tema mediante la exposición del mapa de potencial hidrogeológico, de este no se expresa alguna referencia escrita al respecto siendo parte de un sistema montano húmedo de gran potencial hídrico esto pone en evidencia que la información detallada de unidades hidrogeológicas es mínima.

Del total de concesiones otorgadas en el departamento específicamente para el corredor industrial el 96% corresponde a aguas superficiales y el restante a subterráneas. (CORPOBOYACA, 2016)

Parte de estas concesiones obedecen a costumbres históricas, ya que en esta zona la eficiencia hídrica está en función de las actividades humanas tradicionales tanto agrologicas, manufacturera, y de transformación de minerales, este aprovechamiento proviene del uso del agua superficial. Dentro del municipio la escurrentía de la cuenca es empleada también en el riego en veredas como Villita y Malpaso, bajo este contexto la población de la cuenca y en general del municipio demanda cerca de 135.02 a 432.01 litros por segundo veredas donde la actividad agrícola, la crianza de animales y el asentamiento de viviendas cercanas a las rondas de protección propenden un elemento potencial de contaminación por ende se hace importante conocer la calidad y nivel de contaminación del recurso subterráneo .

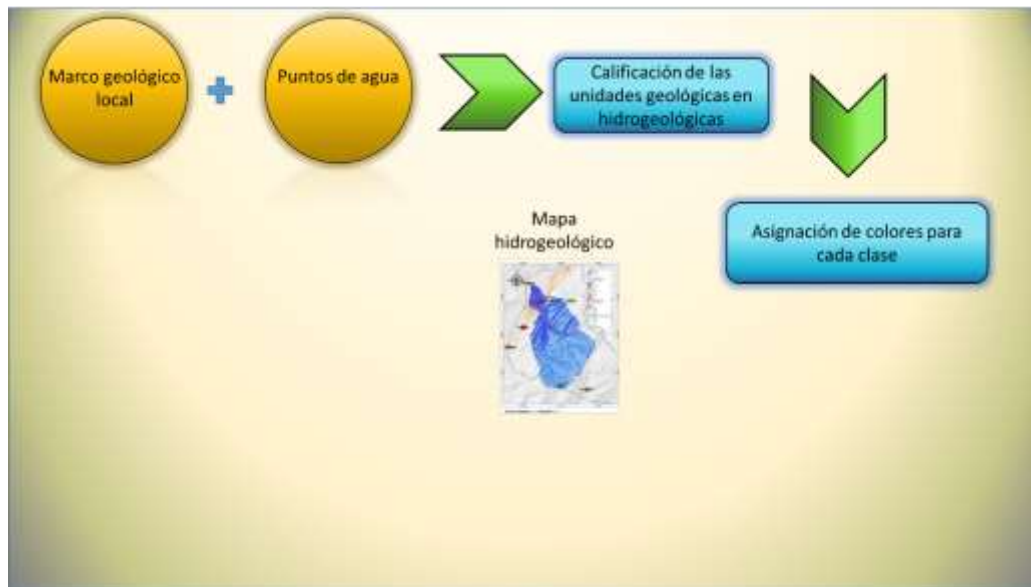
6.3.1 Correlación hidroestratigrafica

Dentro del ciclo hidrológico es sistema subterráneo juega un papel importante para la gestión del recurso hídrico, este sistema a su vez considera factores de gran complejidad, aquellos mismos conforman y caracterizan físicamente un acuífero respecto de otro. Cada acuífero encierra características hidráulicas que lo diferencian de sus semejantes, este tipo de características son determinadas por el tipo de roca que lo componen. Específicamente se habla de propiedades como la porosidad y permeabilidad o conductividad hidráulica como las más relevantes. Estas propiedades influyen directamente en la capacidad de infiltración y recarga de acuíferos, así como transmisibilidad de fluidos, definiendo el sistema hidrodinámico.

Tradicionalmente todas las rocas pueden estudiarse y clasificarse en unidades hidrogeológicas de diferentes permeabilidades. Por ende en el caso de la cuenca del Río Monquirá las unidades geológicas se clasificaron con base en su descripción, lito estratigráfica y propiedades físicas

inherentes a cada tipo de roca, en unidades hidrogeológicas identificando posibles formaciones productoras.

FIGURA 23. Modelamiento para la obtención del mapa hidrogeológico



Fuente: Autor

A continuación se nombran los grupos en los cuales se clasificaron las formaciones

6.3.1.1 Acuíferos

Un acuífero es una Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que permite que circule a través de ella con facilidad; (Decreto 1640 de 2012).

El agua subterránea que se halla almacenada en los acuíferos es una parte importante del ciclo hidrológico. En algunos casos han realizado estudios que permiten calcular que aproximadamente el 30 por ciento del caudal de superficie proviene de fuentes de agua subterránea, a estas rocas que almacenan y permiten el flujo de agua son materiales permeables. (Salamanca, 2015) Dentro de las unidades clasificadas en este grupo cabe destacar su porosidad primaria, propia de paquetes de arenas, y algunos conglomerados. Las unidades acá incluidas son de edad cretácico- terciarias y algunos depósitos cuaternarios.

- Depositos Cuaternarios: compuestos por materiales de variados tamaños de 2 hasta 50 cm de diferentes composiciones, algunos de estos bloques comprenden baja esfericidad y redondez se consideran acuíferos de alta productividad a pesar de su matriz de tipo areno-arcillosa.

- Formación Picacho: Por su predominancia de rocas areniscas de granos medio a fino en estratos masivos y su alto fracturamiento se considera acuífero de alta productividad, adicionalmente esta unidad sobre la cuenca cuenta con excelentes afloramientos constituyendo una zona de recarga para el acuífero del valle del municipio.
- Labor y tierna: predominan las areniscas de grano medio a fino, en algunos sectores las areniscas con cambios faciales a niveles calcáreos algo friables presentando alto fracturamiento, siendo consideradas acuíferos de porosidad mixta.
- Areniscas de Socha: por su característica litológica predominantemente arenosa en bancos potentes de granos gruesos y altamente fracturados se considera como acuífero de alta potencialidad.

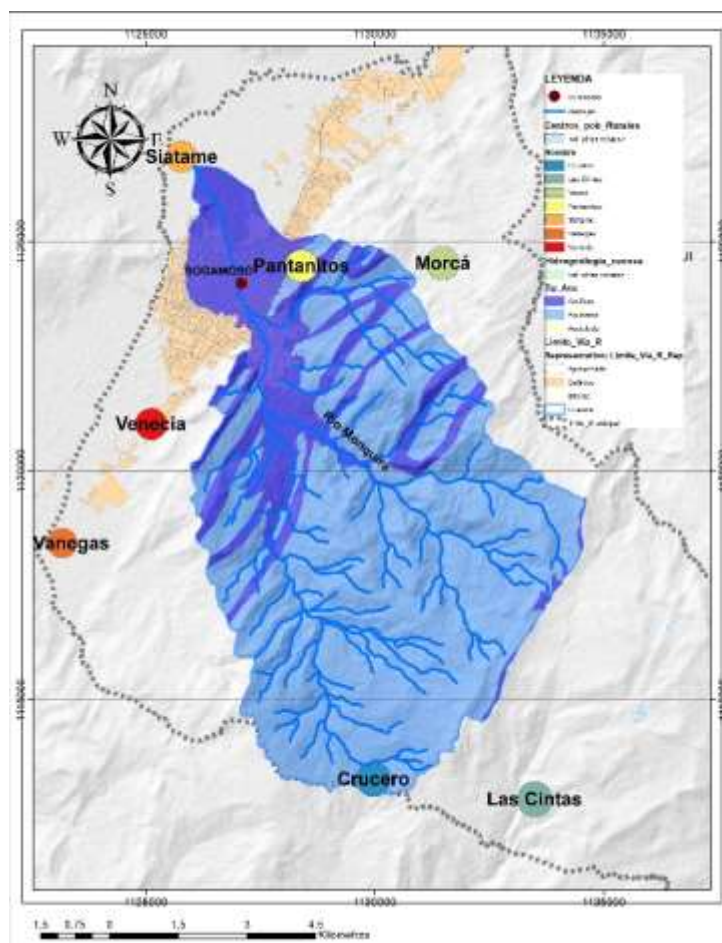
6.3.1.2 Acuitardos

Las formaciones geológicas dentro de este grupo se caracterizan porque son rocas que almacenan agua en considerables cantidades pero que no permiten flujo de ella en cantidades significativas. Tienen características impermeables a semipermeables tornándose en un concepto intermedio. Este tipo de unidad se comúnmente se relaciona a la existencia de intercalaciones de rocas con granulometrías gruesas y finas dispersas. De este grupo se incide que a pesar de la posible existencia de fallas dentro de la zona de la cuenca estas no confirman o representan continuidad hidráulica aun medida, por tal motivo las formaciones geológicas contenidas en este grupo tomaron su clasificación por su predominancia litológica.

- Los Pinos: Predominan los paquetes blandos de limolitas negras a verdes en capas medias a muy gruesas con intercalaciones de areniscas cuarzosas, estas intercalaciones entre rocas de granos finos a medios califican a esta formación como un Acuitardo.
- Chipaque: Principalmente la constituyen intercalaciones de lodolitas grises y areniscas grises de cuarzo de grano medio, hacia la parte media aparece un nivel calcáreo, lo cual constituye un nivel probable de almacenamiento producto de alteración química, sin embargo esto no asegura la conductividad hidráulica.
- Plaeners: Principalmente constituida por liditas, arcillolitas y limolitas silíceas esta formación en su totalidad comprende rocas de baja conductividad hidráulica por ende se constituye como unidad acuitardo, no obstante en locaciones de alta actividad tectónica las liditas tienden a fracturarse en planos paralelos los cuales facilitan la infiltración.
- Guaduas: esta formación está constituida en su mayoría por arcillolitas grises con esporádicas intercalaciones de areniscas friables y mantos de carbón. En algunos sectores por fuerte tectonismo es capaz de almacenar considerables cantidades de agua que circula con dificultad.

- Arcillas de Socha: Consta de tres miembros, de los cuales el miembro intermedio está constituido en su totalidad por areniscas, los otros dos por arcillolitas grises. De esta formación se destaca la posibilidad de encontrar potencial hidrogeológico confinado, este correspondiente al miembro arenoso en medio de dos capas impermeables.

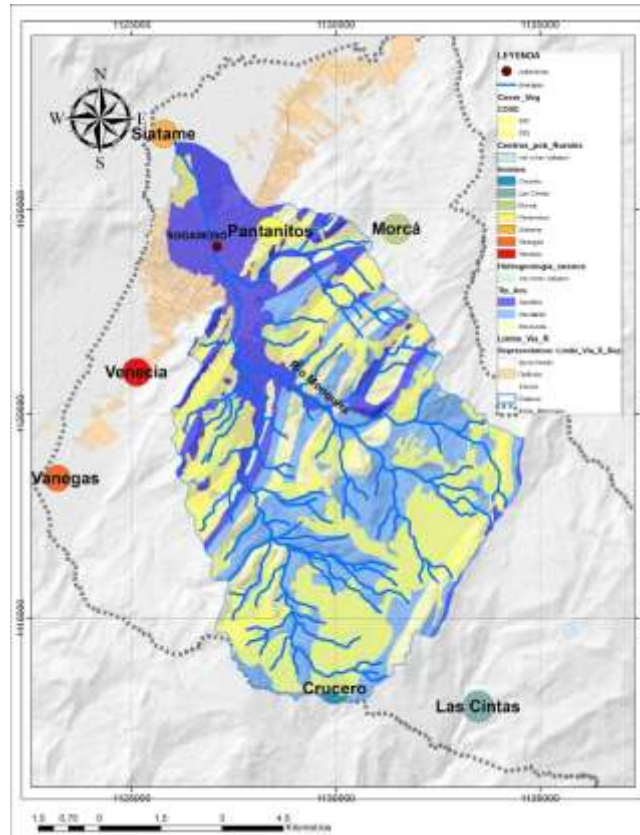
FIGURA 24. Mapa hidrogeológico



Fuente: Autor

6.3.2 Zonas de recarga

FIGURA 25. Zonas de Descarga de la Cuenca del Río Monquirá



Fuente: Autor

El agua subterránea constituye parte importante del ciclo hidrológico que se almacena dentro de los espacios porosos de las formaciones geológicas, con la característica de poderse extraer para su aprovechamiento, sin embargo la facilidad y el volumen que se puede extraer depende de las características físicas de las rocas contenedoras. El agua subterránea se ha empleado en los últimos años como fuente de abastecimiento urbano tanto para climas secos o húmedos, por sus características químicas y disposición cuenta con alta calidad, libre de patógenos o elementos contaminantes de las aguas subterráneas.

Por consiguiente a fin de establecer preliminarmente zonas de posible recarga se efectuó un cruce de elementos como áreas de exposición directa del macizo rocoso áreas de baja cobertura vegetal de poca densidad de drenaje y alta lluvia, no obstante estas zonas están sujetas a eventual modificación al incorporar parámetros como uso del suelo y balance hídrico

6.4 HIDROGRAFIA

6.4.1 ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE CUENCAS

La estructuración de las unidades hidrogeográficas de la cuenca se realizó partiendo del Decreto 1640 de 2012, coherente con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH, plantea la estructura para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos en tres niveles:

Para la zona de la cuenca del Río Monquirá se encuentra en el nivel tres (sub zonas hidrográficas)

6.4.1.1 Áreas hidrográficas o macrocuencas

Corresponden a las cinco macrocuencas o áreas hidrográficas del país: Magdalena-Cauca, Caribe, Orinoco, Amazonas y Pacífico, que son objeto de planes estratégicos, instrumentos de planificación ambiental de largo plazo con visión nacional y constituyen el marco de formulación, ajuste, y/o ejecución de los diferentes instrumentos de política, planeación, gestión y seguimiento existentes en cada una de ellas, los planes estratégicos se formularán a escala 1: 500.000.

6.4.1.2 Zonas hidrográficas

Corresponden a las definidas en el mapa de zonificación hidrográfica de Colombia, las cuales son el espacio para monitorear el estado del recurso hídrico y el impacto que sobre éste tienen las acciones desarrolladas en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. El instrumento de planificación de las zonas hidrográficas es el *programa nacional de monitoreo recurso hídrico*. (MIN AMBIENTE, 2014)

6.4.1.3 Subzonas hidrográficas

Corresponden a las cuencas objeto de ordenación y manejo, definidas en el mapa de zonificación hidrográfica del IDEAM, en las cuales se formularán e implementarán los *planes de ordenación y manejo de cuencas* (POMCA).

6.4.2 Codificación de Subcuencas y microcuencas

A estas unidades se les asignó la toponimia de acuerdo con el nombre de la corriente más representativa o río principal, que puede corresponder al espacio geográfico o región a la cual drenan las aguas superficiales. Con un máximo de 10 dígitos en la nomenclatura para cada una de las unidades hidrográficas delimitadas en la zona de estudio, a continuación se explica la relación de los dígitos.

El primer dígito, corresponde a las áreas hidrográficas, sus valores se encuentran entre 1 y 5
El segundo dígito representa las zonas hidrográficas.

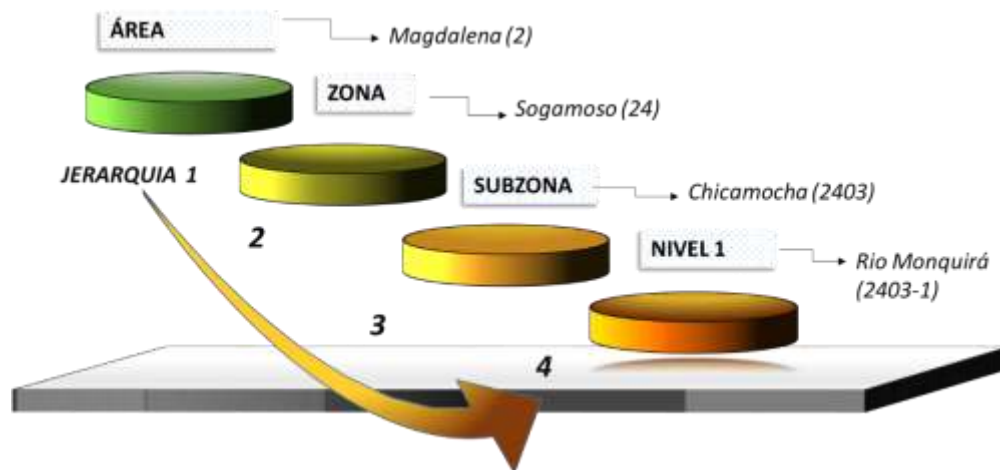
El tercer y cuarto dígito, corresponden a las subzonas hidrográficas, éstas se enumeran iniciando en 01 en cada zona hidrográfica. Estos cuatro dígitos dependen de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional a la cual pertenezca el municipio.

El quinto y sexto dígito indican el número de la unidad hidrográfica en el nivel I de desagregación de las subzonas.

El séptimo y octavo dígito indican el número de unidad hidrográfica nivel II, producto de la desagregación de las unidades hidrográficas de nivel I.

El noveno y décimo dígito indican el número de unidad hidrográfica nivel III, producto de la desagregación de las unidades hidrográficas de nivel II

FIGURA 26. Codificación de la cuenca del Río Monquirá



Fuente: Autor

Para el caso de la cuenca del río Monquirá se encuentra únicamente en la subzona del Río Chicamocha, esta subzona se ha dividido en la cuenca alta caracterizada por el corredor industrial de Boyacá, y a la cual pertenece la zona de estudio.

6.4.3 Tipos de unidades hidrográficas

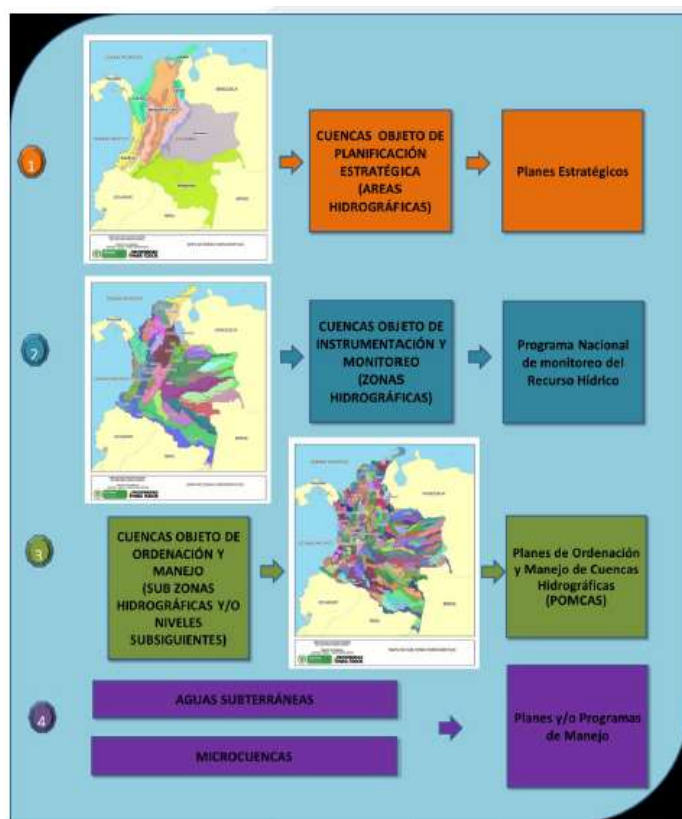
Cuenca: Unidad hidrográfica que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje.

Subcuenca: Los afluentes son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca, el conjunto de microcuencas forman una subcuenca.

Microcuencas: Área mínima fisiográfica con drenaje principal. Son los afluentes a los ríos secundarios, entiéndase por caños, quebradas, riachuelos que desembocan y alimentan a los ríos secundarios.

Intercuenca: Área que recibe el drenaje de otra unidad que se ubica aguas arriba, mediante el curso del río principal, y permite el drenaje del flujo propio. Es una unidad de drenaje o de tránsito del río principal al cual también aporta sus propios caudales. (Ruiz & Torres, 2008)

FIGURA 27. Nivel de planeación de las unidades hidrográficas



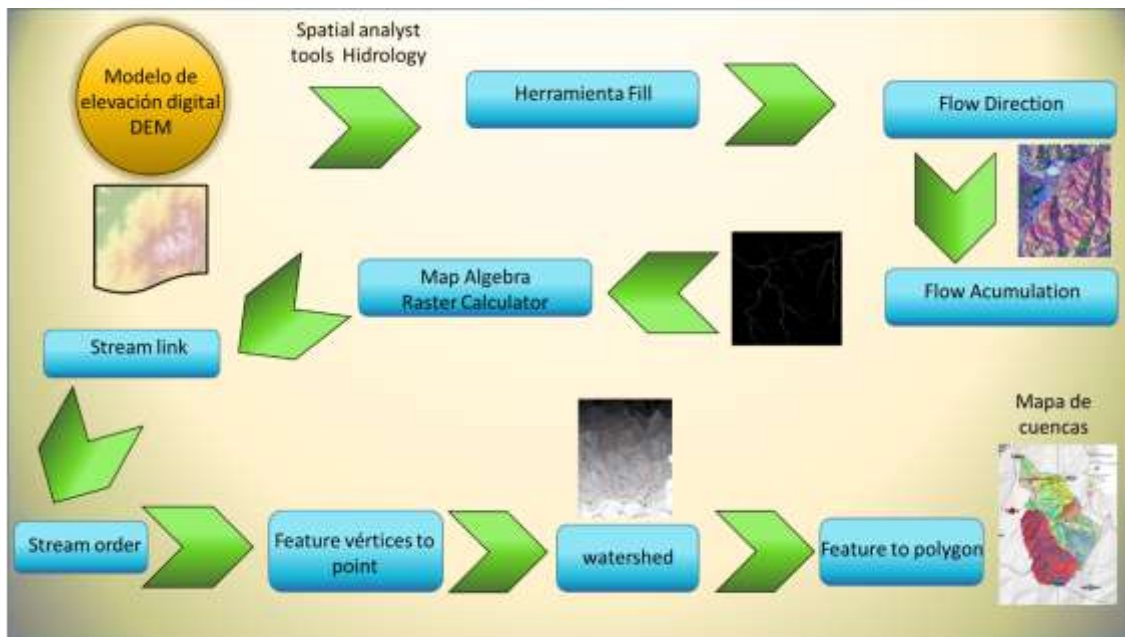
Fuente: Ministerio del medio ambiente vivienda y desarrollo, 2010

6.4.4 Delimitación de Subcuencas y Microcuencas abastecedoras de centros poblados

Posteriormente a la delimitación de la cuenca hidrográfica del Río Monquirá, se procedió a la delimitación interna de las subcuentas teniendo especial cuidado en la relación geométrica entre las divisorias de agua y la red de drenaje, principalmente de no superponer o cortar la red de flujo por particiones entre cuencas. Para este caso cumpliendo con el concepto técnico que a cada cuenca le corresponden internamente divisiones de menor rango llamadas subcuentas.

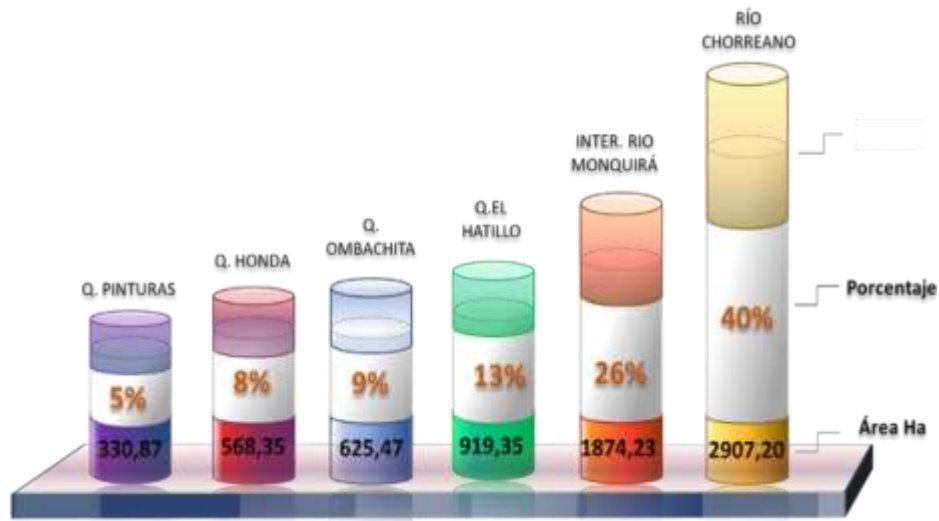
Esta delimitación permite estimar efectos sobre la cuenca de manera puntual o zonal, así como de planificación de obras o intervención ambiental, por tal motivo se identificó seis subcuentas abastecedoras que a continuación se muestra su extensión y porcentaje de ocupación respecto a la cuenca del Río Monquirá, estas subcuentas responden a ordenaciones internas que recogen y distribuyen la precipitación a lo largo de un área menor, cada uno de estos límites correspondió a divisorias de aguas internas, que facilita la centralización y estudio de oferta, planificación y estado del recurso hídrico. Para delimitar las cuencas se empleó el software arcgis

FIGURA 28. Modelamiento para la obtención del mapa de cuencas



Fuente: Autor

FIGURA 29. Distribución y área de las subcuencas del Río Monquirá



Fuente: Autor

6.4.5 Sub cuencas Río Monquirá

Dentro de la delimitación de unidades hidrográficas del Río Monquirá, se identificaron unidades del nivel de micro cuencas, las cuales se desprenden del análisis de las sub cuencas. Y a que a continuación se muestran dentro de la jerarquía hídrica.

6.4.5.1 Cuenca río Monquirá.

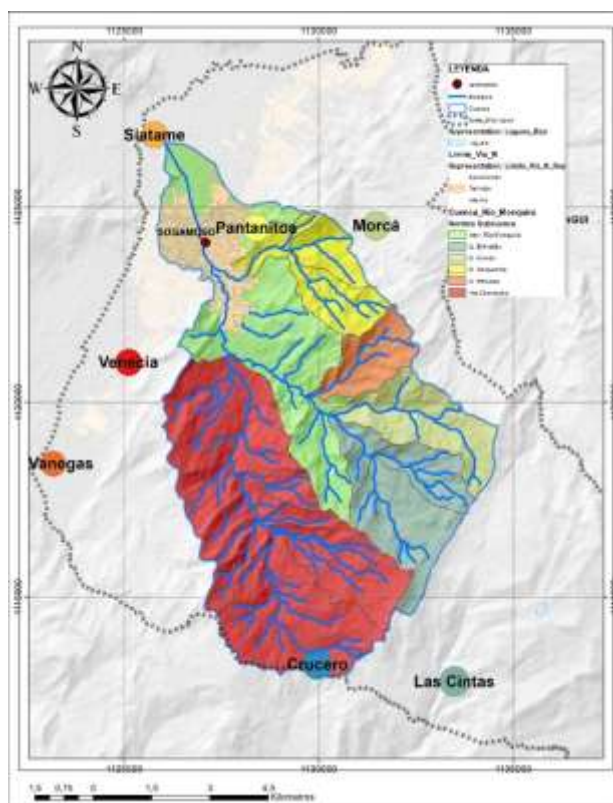
Constituye la principal red hidrográfica del municipio de Sogamoso, el nacimiento del río Monquirá se localiza en el alto Piedras Gordas a una altura de 3150 m.s.n.m. Cubre aproximadamente un área de 79.82 Km² con una longitud de 13.30 Km. En la vereda Siatame se une al canal de Venecia, el río Chiquito y el río Monquirá para finalmente desembocar en el canal de Vargas. El río Monquirá pasa a través de la zona urbana del municipio, por tal razón se encuentra canalizado en varios sectores.

TABLA 7. Jerarquía hídrica

SUBZONA	CUENCAS (NIVEL 1)	SUBCUENCAS (NIVEL 2)	MICROCUENCAS (NIVEL 3)
Río Chicamocha	Río Monquirá	Río Chorreano	Q. El Vino
			Q. Helechal
			Q. Arrayán
			Q. El Tejar
			Q. Alumbre
			Q. Goata
			Intercuenca Río Chorreano
		Q. Ombachita	Q. El Chuscal
			Q. Ombachita
			Intercuenca Q. Ombachita
		Q. Pinturas	
		Q. Honda	
		Q. El Hatillo	Q. La Carbonera
			Q. La Rejoya
		Intercuenca río Monquirá	

Fuente: Autor

FIGURA 30. Cuenca río Monquirá



Fuente: Autor

6.4.5.2 Subcuenca Río Chorreano

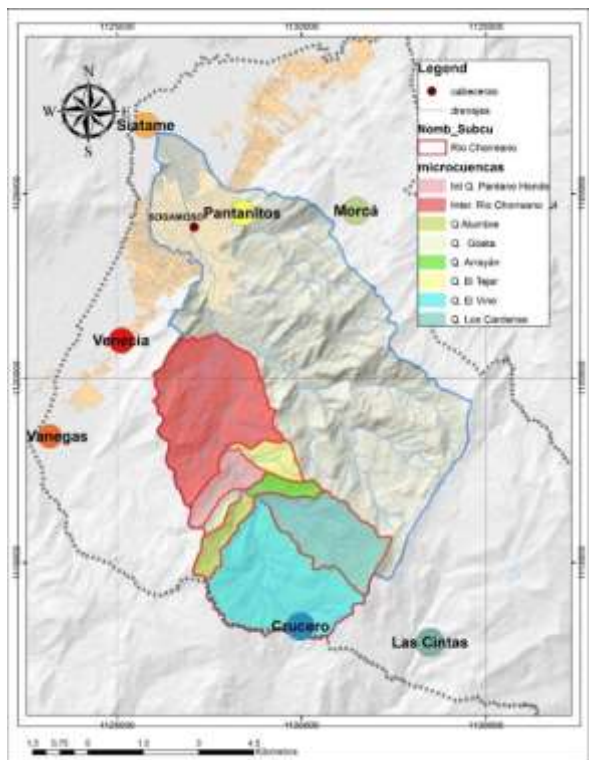
La subcuenca del río Chorreano recorre el municipio de occidente a oriente. Nace en el alto el Toldo a una altura de 3650 m.s.n.m. Sus aguas discurren las veredas Primera y Segunda Chorrera, comprende un área de 29.70 Km², con una longitud de drenaje 8.81 Km. Está integrada por las microcuencas de la quebrada Helechal, quebrada El Vino, quebrada Alumbre, quebrada Arrayan, quebrada El Tejar e Intercuenca quebrada Pantano Hondo.

TABLA 8. Microcuencas Río Chorreano

Subcuenca	Microcuenca	Área Ha	Distribución
Río Chorreano	Int Q. Pantano Hondo	175,90	6%
	Inter. Río Chorreano	958,35	33%
	Q Alumbre	131,88	5%
	Q. Goata	49,69	2%
	Q. Arrayán	83,59	3%
	Q. El Tejar	121,17	4%
	Q. El Vino	892,96	31%
	Q. Los Cardenas	493,66	17%
Total Río Chorreano		2907,20	100%
Total general		2907,20	100%

Fuente: Autor

FIGURA 31. Subcuenca y micro-cuencas Río Chorreano



Fuente: Autor

6.4.5.3 Subcuenca Quebrada Ombachita

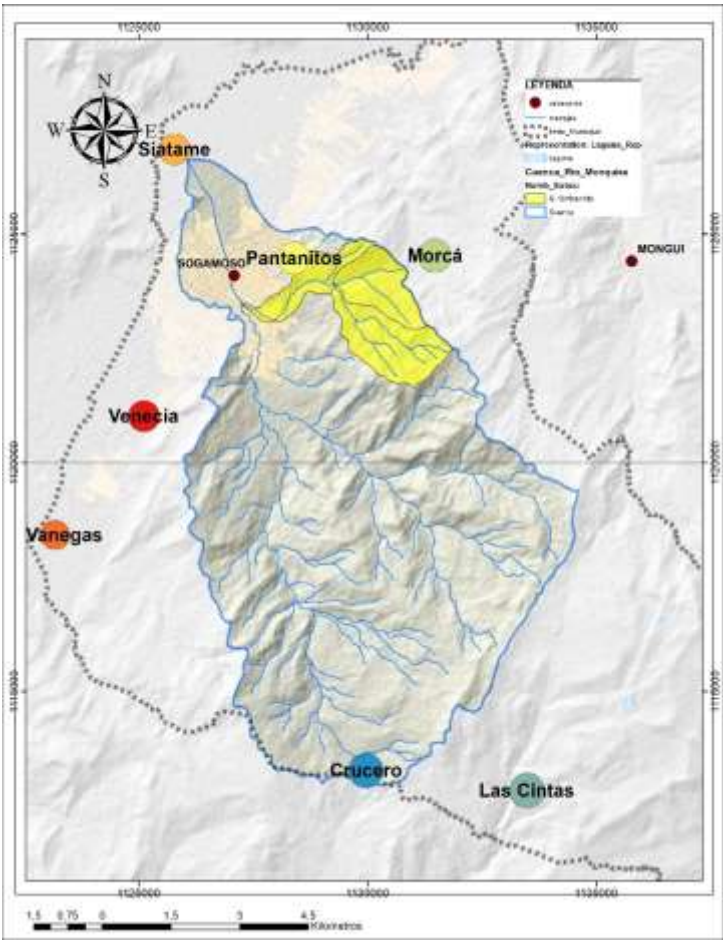
El nacimiento de la quebrada Ombachita está ubicado cerca al Alto del Guiche en una elevación de 2700 m.s.n.m. El área de esta subcuenca es de 6.25 Km², y la longitud del cauce principal es de 4032 Km. Gran parte de la extensión de la subcuenca se ubica en la vereda Ombachita, sin embargo, en la desembocadura con el río Monquirá, se encuentra en la zona urbana.

TABLA 9. Microcuencas Quebrada Ombachita

Subcuenca	Microcuenca	Área Ha	Distribución
Q. Ombachita	Int Q. Ombachita	155,08	25%
	Q. El Chuscal	275,32	44%
	Q. Ombachita	195,06	31%
Total Q. Ombachita		625,47	100%

Fuente: Autor

FIGURA 32. Subcuenca Quebrada Ombachita



Fuente: Autor

6.4.5.4 Intercuenca río Monquirá

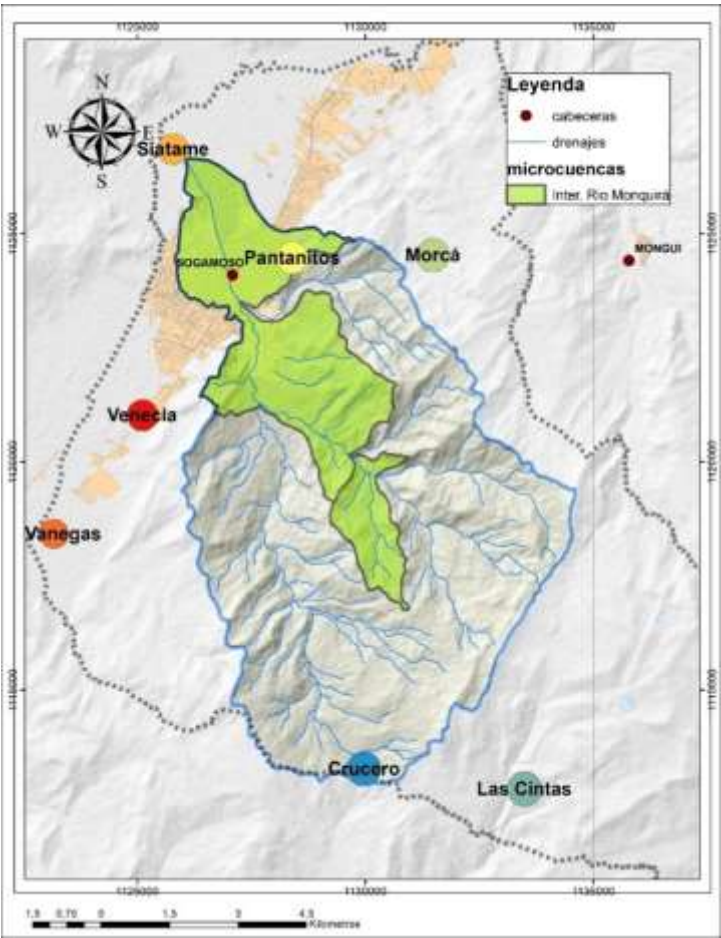
Consta de una serie de vertientes la mayoría intermitentes las cuales aportan su aguas al río Monquirá, sin embargo estos drenajes no presentan una dinámica importante para delimitarlos individualmente como una microcuenca .El área de esta intercuenca es de 15.63 Km2 y abarca la extensión de la vereda Monquirá y parte de la vereda Pilar y Ceibita y la zona urbana.

TABLA 10. Intercuenca río Monquirá

Subcuenca	Microcuenca	Área Ha	Distribución
Inter. Río Monquirá		1874,23	100%
Total Inter. Río Monquirá		1874,23	100%
Total general		1874,23	100%

Fuente: Autor

FIGURA 33. Intercuenca río Monquirá



Fuente: Autor

6.4.5.5 Subcuenca Quebrada el Hatillo

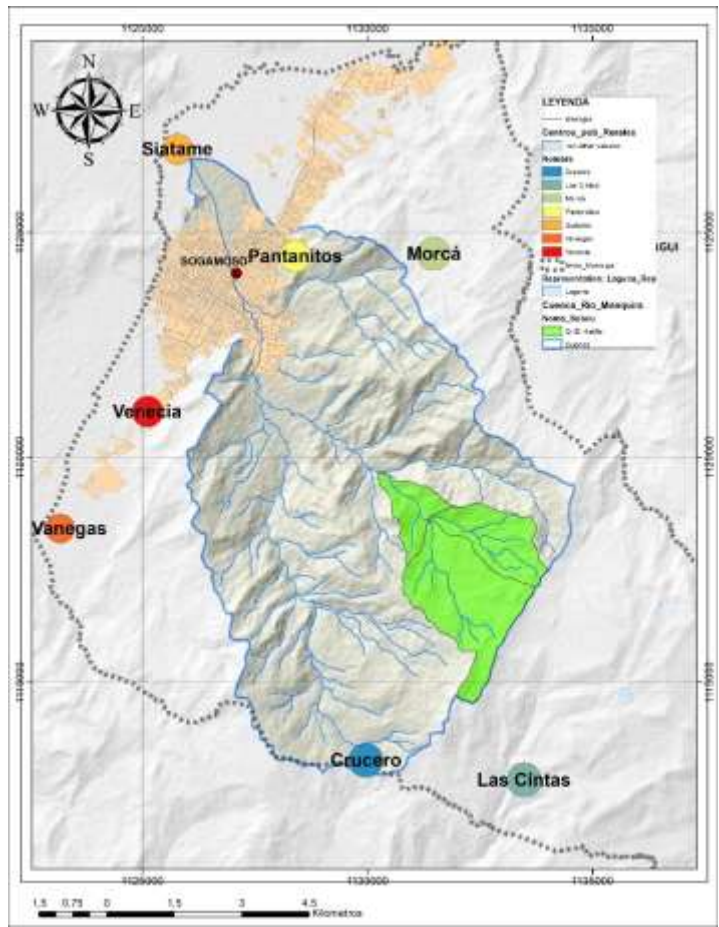
La quebrada el Hatillo se forma por la unión de la quebrada La Carbonera y la quebrada La Rejoja provenientes de peña Alta y loma Larga en la parte noreste del municipio de Sogamoso. La subcuenca de la quebrada el Hatillo es uno de los principales afluentes del río Monquirá, tiene una longitud de drenaje principal de 4.6 Km, y una extensión de 2.52 Km², las microcuencas que conforman la subcuenca de la quebrada el Hatillo son.

TABLA 11. Microcuencas Quebrada el Hatillo

Subcuenca	Microcuenca	Área Ha	Distribución
Q. El Hatillo	Int Q. El Hatillo	136,51	15%
	Q. La Carbonera	251,87	27%
	Q. La Rejoja	530,97	58%
Total Q. El Hatillo		919,35	100%
Total general		919,35	100%

Fuente: Autor

FIGURA 34. Subcuenca Quebrada el Hatillo



Fuente: Autor

6.4.5.6 Subcuenca quebrada Honda

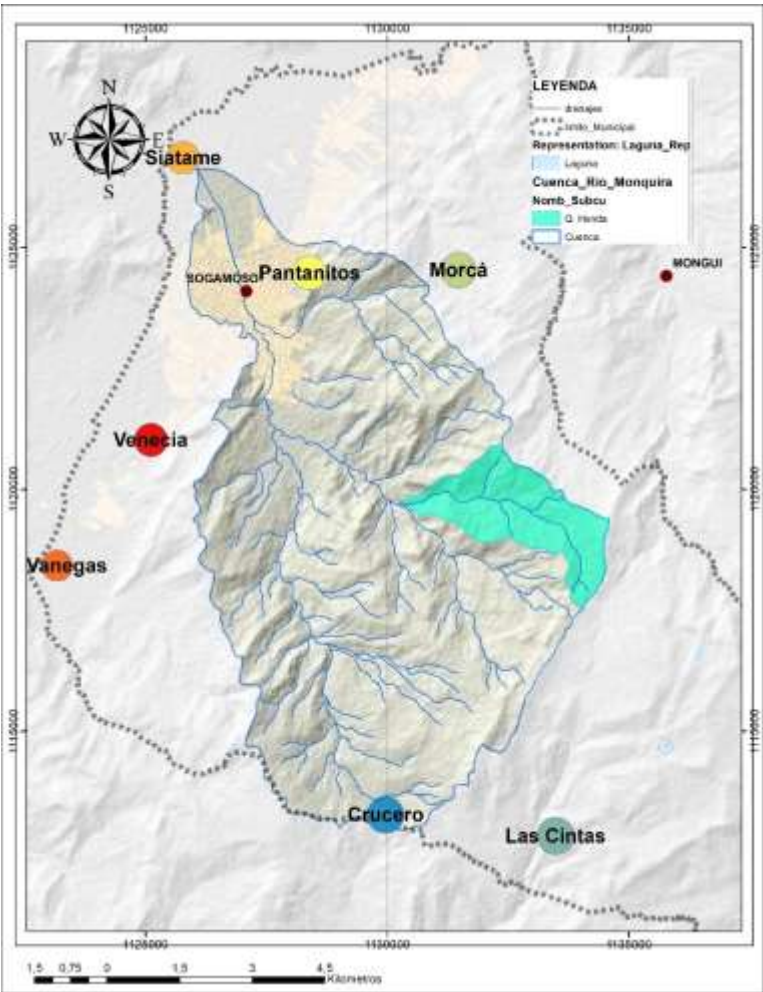
Con un área aproximada de 5.68 Km², está compuesta por varias vertientes de un patrón de drenaje subparalelo, de primer y segundo orden y sus corrientes son de tipo transitorio. La quebrada Honda tiene una longitud de 3.8 Km y nace en la cuchilla Peña Negra a una altura de 3600 m.s.n.m. sirve como límite natural de las veredas Morca, San José y La Ramada.

TABLA 12. Subcuenca quebrada Honda

Subcuenca	Microcuenca	Área Ha	Distribución
Q. Honda		568,35	100%
Total Q. Honda		568,35	100%
Total general		568,35	100%

Fuente: Autor

FIGURA 35. Subcuenca quebrada Honda.



Fuente: Autor

6.4.5.7 Subcuenca quebrada Pinturas

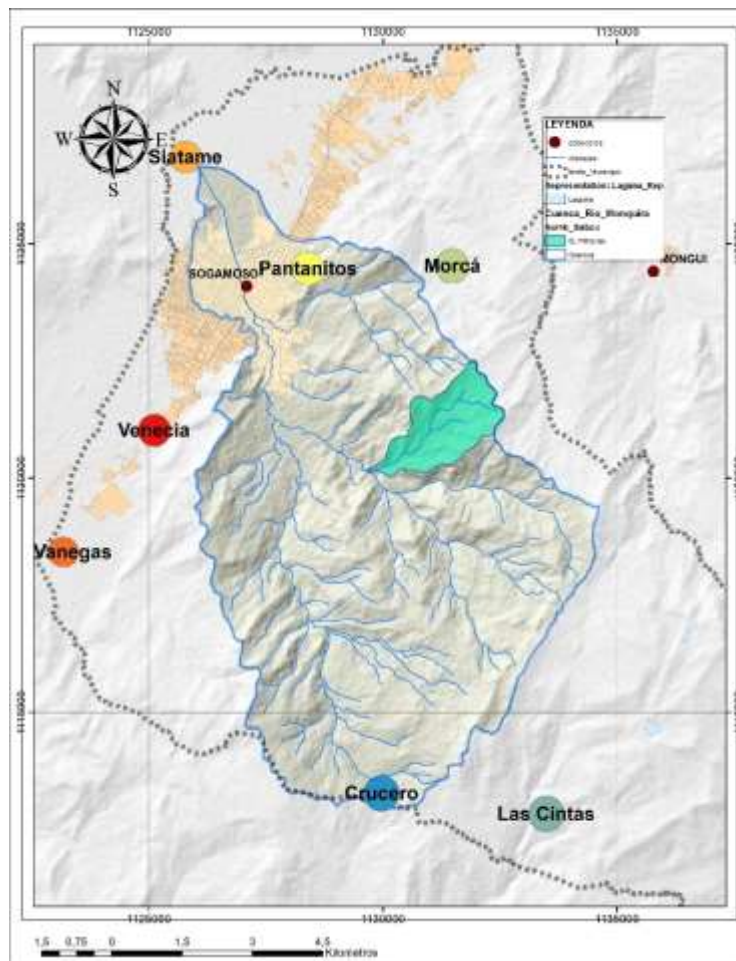
Cubre un área aproximada de 3.30 Km² con una longitud de 3.11 Km. Nace en el alto el Arenal a 3100 m.s.n.m. Su corriente principal es la quebrada Pinturas que corre en dirección aproximada NE- SE, confluyendo al río Monquirá. La mayor parte de esta subcuenca pertenece a la vereda Mortiñal, sin embargo en la parte baja sirve como límite natural entre las veredas Pilar y Ceibita con la vereda Monquirá.

TABLA 13. Subcuenca quebrada Pinturas

Subcuenca	Microcuenca	Área Ha	Distribución
Q. Pinturas		330,87	100%
Total Q. Pinturas		330,87	100%
Total general		330,87	100%

Fuente: Autor

FIGURA 36. Subcuenca quebrada Pinturas



Fuente: Autor

6.5 HIDROLOGIA

La hidrología es la ciencia que estudia el agua desde el punto de vista de la geología, es decir, distribución, espacial y temporal, propiedades y circulación del agua una vez precipitada sobre la corteza terrestre y mientras se halla sobre estos, es decir antes de pasar al océano. Esto incluye las precipitaciones, evapotranspiración, escorrentía, infiltración, humedad en el suelo y temperatura, componentes del ciclo hidrológico. (ALMEDA A & QUINTER I, pág. 5)

Esta ciencia se ha desarrollado como respuesta a la necesidad de comprender el complejo sistema hídrico de la Tierra, establecer áreas vulnerables a los eventos hidrometeorológico, prever un correcto diseño de obras de infraestructura y ayudar a solucionar los problemas de agua.

Este análisis hidrológico se realiza sobre la cuenca del Río Monquirá, para ello se emplearon los datos meteorológicos de 8 estaciones con un registro de datos de 28 años, de los cuales se extrajeron los valores de precipitación. Para esta cuenca se determinó los parámetros morfométricos o

características físicas, ya que tiene gran importancia pues rige mucho en cuanto al comportamiento hidrológico de la cuenca.

Dichas características físicas se clasifican en dos tipos según su impacto en el drenaje: las que condicionan el volumen de escurrimiento como el área y el tipo de suelo de la cuenca, adicionalmente las que controlan la velocidad de respuesta como el orden de corriente y la pendiente.

6.5.1 Cuenca Hidrográfica

La cuenca es aquella unidad morfológica integral, en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas y convergen hacia un cauce o unidad natural, por medio del sistema de drenaje, concentrándose generalmente en un colector de descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano. La cuenca hidrológica junto con los acuíferos son las unidades fundamentales de la hidrología. (BREÑA A & JACOBO.M, pág. 23)

La delimitación de una cuenca hidrográfica por su divisoria de aguas, establece un sistema de drenaje (con un río y sus afluentes), por el cual la precipitación caída corre por su superficie, y se concentra en un punto de desembocadura del cauce, contemplando simplemente elementos físicos (topográficos) y biológicos. La Subcuenca es la división de la cuenca que consta de áreas donde sus drenajes desembocan en el río principal de la cuenca. (GASPARI F, RODRIGUEZ A, SENISTERRA G, DELGADO M, 2013, pág. 6).

Para el desarrollo del proyecto se analizó la microcuenca la cual presenta un área menor a los 100 Km², perteneciente al tramo del río Monquirá, delimitada por las líneas de divorcio de las aguas, entendiéndose por línea de divorcio la cota o altura máxima que divide dos cuencas contigua, esta microcuenca también se estableció de acuerdo a las estaciones meteorológicas cercanas, se tuvo en cuenta un área de proyección mayor debido a la forma de la microcuenca, al igual que para determinar su comportamiento aguas arriba del río.

6.5.2 Morfometria

Es importante definir los parámetros morfométricos ya que este es un estudio cuantitativo de las características de una cuenca hidrográfica, y se utiliza para analizar la red de drenaje, las pendientes y forma de una cuenca a partir del cálculo de valores numéricos. La morfometría de cuencas resulta de gran utilidad ya que permite el estudio de la semejanza de los flujos de diferentes tamaños y órdenes. Y así interpretar los fenómenos que ocurren en esta. (DELGADILLO A, & MORENO A., pág. 5).

Se determinaron parámetros como área, pendiente media, tiempo de concentración, forma, y compacidad los cuales son mostrados a continuación.

6.5.2.1 Área total

El área de la cuenca está definido como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escurrimiento dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; este parámetro se expresa normalmente en Km².

El área total de la zona de estudio ocupa un tramo del río Monquirá, en el municipio de Sogamoso. El área de la cuenca delimitada para el estudio se obtuvo automáticamente a partir de la digitalización de polígonos y mediante la creación de tabla de atributos en el programa de ArcGis 10.2 teniendo como base el modelo digital de elevación (DEM).

A continuación se muestra las áreas de las cuencas analizadas en el área de estudio.

TABLA 14. Área de Cuenca

AREA DE LA CUENCA
72,2 Km ²

Fuente: Autor

6.5.2.2 Perímetro de la cuenca

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Éste parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros. Los perímetros de mayor valor corresponden con cuencas alargadas mientras que los de menor lo hacen con cuencas redondeadas.

TABLA 15. Valores de Perímetro de la Cuenca

PERIMETRO DE LA CUENCA
50,50 Km

Fuente: Autor

6.5.2.3 Cotas Máximas y Mínimas

Las cotas más altas inician desde 3740 hasta los 2400 m.s.n.m. Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja (DA=HM-Hm). Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura.

TABLA 16. Cotas Máximas y Mínimas en la Zona de Estudio

COTAS MINIMAS Y MAXIMAS	
Cota Máxima	3739 m.s.n.m
Cota Mínima	2487 m.s.n.m
Diferencia de Altitudinal (Df)	1252 m.s.n.m

Fuente: Autor

6.5.3 Forma de la cuenca

6.5.3.1 Factor de forma de Horton (Hf)

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características de descarga (hidrograma) de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas, en particular, las cuencas de igual área pero de diferente forma, generan hidrogramas diferentes. La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial. Para cuencas de igual superficie y formas diferentes se espera un comportamiento hidrológico también diferente. El factor de forma de Horton, es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud axial de la cuenca, la cual se mide siguiendo el desarrollo longitudinal del cauce principal, hasta llegar a la divisoria de la cuenca en el punto más alejado, el escurrimiento resultante de una lluvia sobre una cuenca de forma alargada, no se concentra tan rápidamente, como en una cuenca de forma redonda; además, una cuenca con un factor de forma bajo (forma alargada) es menos propensa a tener crecientes intensas simultáneamente sobre toda su superficie, que un área de igual tamaño con un factor de forma mayor. (CARLOS LONDOÑO ARANGO, pág. 206) Se determinó este parámetro a partir de la siguiente ecuación:

$$Hf = A/La^2$$

Dónde: A: Área de Subcuenca

La: Longitud Axial de la microcuenca

De acuerdo al valor encontrado para este parámetro la cuenca se encuentra en un rango correspondiente a cuenca ligeramente alargada, lo que infiere que en esta cuenca es menos propensa a tener crecientes sobre toda la superficie, ya que las aguas fluirán gradualmente hacia el cauce principal, desagua parte de su volumen antes de recibir las aguas de los puntos más distantes.

TABLA 17. Valores de Factor de Forma para la cuenca

FACTOR DE FORMA DE HORTON
0,36
Ligeramente Alargada

Fuente: Autor

6.5.3.2 Coeficiente de compacidad (Kc) Gravelious

Este valor adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores de Kc nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc, mayor será la concentración de agua. La ecuación utilizada se muestra a continuación.

$$Kc = 0.28 * P/\sqrt{A}$$

Donde:

P: Perímetro de la Subcuenca

A: Área de Subcuenca

Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similaridad con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación (FAO, 1985):

TABLA 18. Valores de Índice de Compacidad

VALOR DE Kc	INDICE DE COMPACIDAD
1-1.25	Redonda a oval redonda
1.25-1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50-1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga
>1.75	Rectangular Oblonga

Fuente: Autor

En la microcuenca analizada, se encuentra un valor de Kc de 1,76 se estima que la cuenca presenta un índice de compacidad dentro de la forma rectangular oblonga. Este parámetro estima la acumulación del agua y su eficiencia en la rapidez de la lámina de agua para alcanzar el cauce principal.

TABLA 19. Coeficientes de Compacidad

INDICE DE COMPACIDAD
1,76
Rectangular Oblonga

Fuente: Autor

6.5.3.3 Razón de Elongación (Re)

La razón de elongación se define como la razón del diámetro de un círculo, que tiene la misma área que la cuenca (A), a la longitud máxima de la cuenca (Lb); es decir, relaciona el diámetro de un círculo de área (A) igual a la de la cuenca y la longitud de la cuenca.

$$Ke = 1.1284 \sqrt{A}/Lb$$

Se evaluó teniendo en cuenta la siguiente relación

Re > 1 Cuenca Redonda
 Re = 1 Cuenca Semiredonda
 Re < 1 Cuenca Alargada

El escurrimiento resultante de una lluvia sobre una cuenca de forma alargada, no se concentra tan rápidamente, como en una cuenca de forma redonda; además, una cuenca con un factor de forma bajo (forma alargada) es menos propensa a tener una lluvia intensa simultáneamente sobre toda su superficie, que un área de igual tamaño con un factor de forma mayor. Se puede observar que los valores de la Subcuenca de río Chicamocha tiene una razón de elongación menor, que es relacionable con la forma de Horton de la misma. (Londoño Arango, C., 2001, pág. 208).

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 20. Valores de Razón de Elongación

RAZÓN DE ELONGACIÓN
0,65
Cuenca Alargada

Fuente: Autor

6.5.3.4 Razón Circular de Miller

Miller usó una razón circular adimensional, relaciona el área (A) de la cuenca en cuestión con el área de un círculo de igual perímetro (P) de la cuenca. Se empleó la siguiente ecuación para determinar los valores para cada cuenca.

$$Rc = A/Ac$$

Esta razón es menor o igual a uno; los valores disminuyen a medida que la cuenca es más alargada o rectangular, y tienden a la unidad para cuencas redondas.

En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes para la microcuenca la cual se ajusta a una escasa o nula circularidad.

TABLA 21. Valores de Razón Circular

RAZON CIRCULAR MILLER
0,65
Escasa a nula circularidad

Fuente: Autor

6.5.3.5 Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración de una cuenca, se define como el tiempo mínimo necesario para que una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Y se presenta el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante. Para calcular este parámetro se empleó la ecuación según el método de California Cuvert Practice. (GASPARI F. RODRIGUEZ A., pág. 14)

$$Tc = \left(\frac{0.870 \times L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

L: Longitud Cauce Principal

H: Diferencia de Alturas de la Subcuenca

Se muestran a continuación los valores encontrados para la cuenca Monquirá, los valores cercanos a 0,s indican que presentan mayor susceptibilidad a presentar crecidas y que corresponde a cuencas un poco más ensanchadas, ya que el tiempo de recorrido del agua a través de las Subcuencas es mucho más corta que en las cuencas alargadas, con valores mayores y en este caso mayores a la unidad, esta microcuenca tiene un bajo grado de presentarse crecidas o avenidas.

TABLA 22. Valores de Tiempo de Concentración de las Subcuencas

TIEMPO DE CONCENTRACION
1,58

Fuente: Autor

6.5.4 Parámetros de Drenaje

La red de drenaje de una cuenca es el sistema interconectado de cauces, a través del cual, el agua captada en las partes altas se recolecta y es conducida a las partes bajas. (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006)

Para el estudio de esta microcuenca se determinaron los parámetros respecto al drenaje, como longitud, orden de drenaje y densidad de drenaje. Para ello se realizó por medio de software de ArcGis.

6.5.4.1 Longitud del cauce principal

La longitud de la cuenca viene definida por la longitud de sus cauces principales, el cual le a la nombre a la cuenca siendo, la distancia equivalente que recorre el río entre el punto de desagüe aguas abajo y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba.

Al igual que la superficie, este parámetro influye enormemente en la generación de escorrentía y por ello es determinante para el cálculo de la mayoría de los índices Morfométricos.

TABLA 23. Longitud del cauce principal

LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (Km)
16,75

Fuente: Autor

6.5.4.2 Longitud de la Red Hídrica

Generalmente, los caudales medios, máximos y mínimos, crecen con la longitud de los cauces, pero cabe resaltar que también dependen de la precipitación en el área. Esto se debe a la normal relación que existe entre las longitudes de los cauces y las áreas de las cuencas hidrográficas correspondientes, de tal manera que el área crece con la longitud y creciendo la superficie de captación. Este parámetro se expresa en kilómetros.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que las Subcuencas presentan mayor longitud de drenaje a medida que aumenta el área, esta característica ligada a la escorrentía en la zona, en la microcuenca se puede estimar una buena densidad de drenaje.

TABLA 24. Longitud Red Hídrica

LONGITUD DE LA RED HIDRICA (Km)
411,17

Fuente: Autor

6.5.4.3 Pendiente Promedio de Red Hídrica

La velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua en una Cuenca Hidrográfica depende de la pendiente de los canales fluviales. (Moreno, 2013)

En cuanto mayor valor tome la pendiente, mayor será la velocidad del flujo y, por lo tanto, se convierte en un factor característico del tiempo de respuesta de la cuenca ante determinada precipitación, llegando a formar crecidas, ya que se incrementan en aquellas cuencas con valores altos.

TABLA 25. Valores de Pendiente Promedio de Red Hídrica

PENDIENTE PROMEDIO DE RED HIDRICA
3,1%

Fuente: Autor

6.5.4.4 Densidad de Drenaje

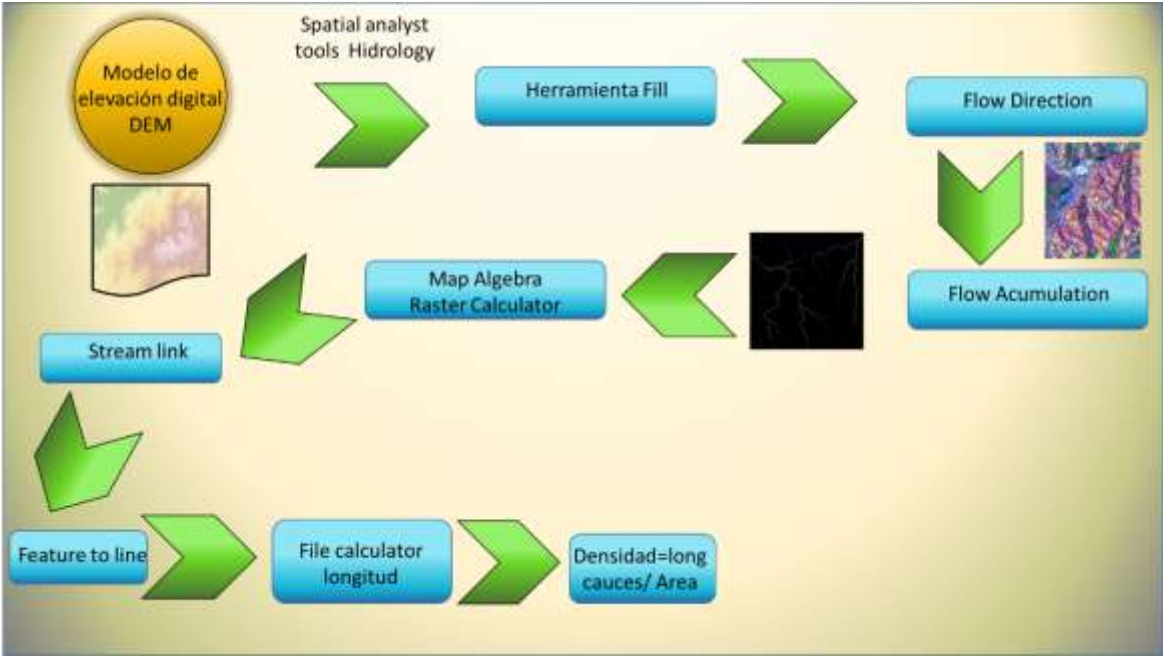
Este índice relaciona la longitud de la red de drenaje y el área de la cuenca sobre la cual drenan las corrientes hídricas.

$$Dd = Longitud\ Cauces / Area$$

Con el fin de catalogar una cuenca como bien o mal drenada, analizando su densidad de drenaje, se puede considerar cuencas con drenaje pobre alrededor de 0,5 Km/Km2 y cuencas bien drenadas alrededor de 3.5 Km/Km2 o mayores que indican la eficiencia de la red de drenaje.

Para poder determinar la densidad de drenaje, se tuvo que calcular la longitud total de los cursos de agua y junto con el área total, para la determinación de este parámetro fue necesario emplear el modelo de elevación del área y mediante herramientas de análisis espacial como el raster calculator, donde se evalúan el flujo de dirección y acumulación de la subcuenca en el software de ArcGis; permitieron tener un conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la subcuenca. Desde un principio y sin tener en cuenta otros factores del medio físico de la cuenca, cuanto mayor sea la densidad de drenaje, más rápido será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo.

FIGURA 37. Modelamiento para la obtención del parámetro densidad de drenaje



Fuente: Autor

Se observa que el valor para la microcuenca es de 2,8, con esto se infiere que presenta una buena densidad de drenaje.

TABLA 26. Valores de Densidad de Drenaje

DENSIDAD DE DRENAJE
2,8

Fuente: Autor

6.5.4.5 Orden de Red Hídrica u Orden de Bifurcación

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Se determinó mediante la metodología de Schumm-Strahler, han clasificado la orden de drenaje donde se consideran orden de primer orden portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden $i+1$. Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden. (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Costa Rica)

El orden de red hídrica para la microcuenca de estudio es de orden seis determinados a partir de herramientas en Arcgis con el modelo de elevación, en donde se especifican el orden de drenaje según Schumm. Entre más alto es el orden de la cuenca, indicará un drenaje más eficiente el cual transportaría y desalojaría rápidamente el agua.

6.5.5 Curva Hipsométrica

La curva hipsométrica, o curva hipsográfica, es la representación gráfica del relieve de una cuenca. Representa el estudio de la variación de la elevación de los varios terrenos de la cuenca, con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima, o por debajo de varias elevaciones. Esta distribución se puede mostrar por medio del histograma de las áreas comprendidas en los distintos rangos de altura. Sin embargo, como el devenir de los caudales en una sección fluvial depende, en forma acumulativa, de todo lo que ocurre aguas arriba de ella, se prefiere representar la distribución altitudinal mediante una curva de área-elevación o curva hipsométrica, la cual permite establecer, para cada altura, el área comprendida en la cuenca, y situada a una altura mayor que la que es dada. (Londoño Arango, C., 2001, pág. 228)

Para la obtención de las curvas hipsométricas se empleó la siguiente ecuación.

$$H_c = \sum (Dh * A_i) / A$$

Donde:

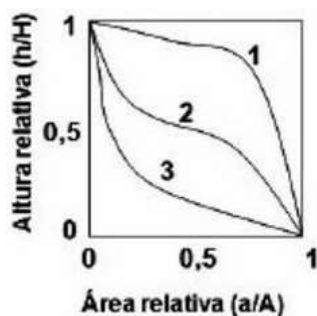
H_c : Altura media de la cuenca

Dh : Cota media del área i , entre dos curvas de nivel

A_i : Área entre dos curvas de nivel

A : Área total de la cuenca

A continuación se muestra las curvas hipsométricas de cada una de las cuencas estudiadas, se logra observar las variaciones en las áreas drenadas respecto a la altura de la cuenca, según el análisis de las curvas estas representan cuencas en estado de equilibrio y muestran una etapa geológicamente madura, como se observa en el diagrama. (MESA M, 2014)



1. Corresponde a una etapa de desequilibrio erosivo y representa una cuenca geológicamente joven.
2. Corresponde a una etapa de equilibrio erosivo y presenta una cuenca geológicamente madura.
3. Representa una cuenca erosionada y estado de senectud

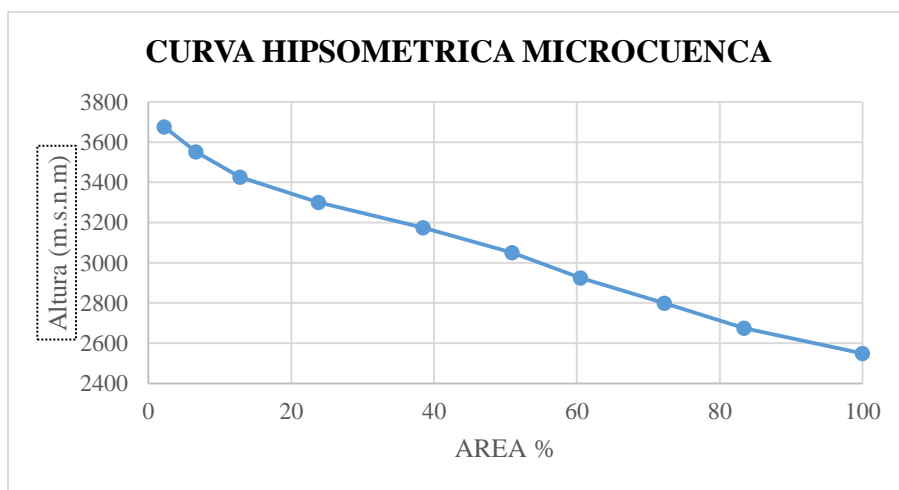
TABLA 27. Valores de Alturas y Área Subcuenca Sogamoso

Intervalo de Alturas	Área (%)	Porcentaje Acumulado de Área
2548	16,5721	100
2674	11,183019	83,42
2799	11,726840	72,24
2924,5	9,594589	60,51
3050	12,461159	50,92
3175	14,629953	38,46
3300,5	10,968951	23,83
3426	6,215767	12,86
3551	4,435324	6,64
3676	2,212225	2,21

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en grafico la curva presenta para una altura máxima de 3676 tenemos un 2,21 % del área de la cuenca. Para este caso en altura 0.0 tenemos el 100% del área acumulada de la cuenca, se puede inferir de acuerdo a la forma que corresponde a una cuenca madura con equilibrio erosivo

FIGURA 38. Curva Hipsométrica Subcuenca Río Sogamoso



Fuente: Autor

La cuenca del río Monquirá se caracteriza por ser una cuenca ligeramente alargada y pequeña en cuanto a la extensión de área, según el factor de forma de Horton (0.36) menor a la unidad indica una forma alargada lo cual ejerce baja tendencia a concentrar caudales, esto se ve apoyado por el tiempo de concentración, ya que este es mayor para la cuenca alargada reduciendo el flujo de concentración, la velocidad y los picos de crecidas para eventos súbitos. En cuanto a la densidad de drenaje este deja ver entre dicho que la cuenca se encuentra en un estado desarrollado en su red hídrica, indicando alta capacidad de drenaje el cual se asocia a relieves montañosos, rocas semi permeables dando poca posibilidad de percolar a nivel subterráneo y favoreciendo la escorrentía.

TABLA 28. Resumen parámetros morfométricos de la cuenca

AREA DE LA CUENCA	PERIMETRO DE LA CUENCA
72,2 Km ²	50,50 Km
COTAS MINIMAS Y MAXIMAS	
Cota Máxima	3739 m.s.n.m
Cota Mínima	2487 m.s.n.m
Diferencia de Altitudinal (Df)	1252 m.s.n.m
FACTOR DE FORMA DE HORTON	
0,36	
Ligeramente Alargada	
INDICE DE COMPACIDAD	
1,76	
Rectangular Oblonga	
RAZÓN DE ELONGACIÓN	
0,65	
Cuenca Alargada	
RAZON CIRCULAR MILLER	
0,65	
Escasa a nula circularidad	
TIEMPO DE CONCENTRACION	
1,58	
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (Km)	
16,75	
LONGITUD DE LA RED HIDRICA (Km)	
411,17	

PENDIENTE PROMEDIO DE RED HIDRICA
3,10%
DENSIDAD DE DRENAJE
2,8

Fuente: Autor

6.5.6 Caracterización Hidrometeorológica

La caracterización hidrometeorológica permite describir y analizar los cambios que se presentan en la zona de estudio en un intervalo de tiempo determinado, para esto es necesario determinar ciertos parámetros hídricos, estos nos permitirán saber el estado de la zona en cuanto a aspecto hídrico, fundamental para el desarrollo de obras ingenieriles.

6.5.6.1 Datos Meteorológicos

Para la elaboración de la caracterización hidrometeorológica fue necesario obtener una serie de datos meteorológicos de 28 años de 8 estaciones hidrometeorológicas suministradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM, las cuales están cercanas a la zona de estudio. Estas estaciones utilizadas son de tipo climatológicas ordinarias, climatológica principal y pluviométricas, las cuales proporcionaron datos de precipitación Se muestra a continuación la tabla donde se relaciona cada una de las estaciones utilizadas y la ubicación en el área.

TABLA 29. Estaciones Meteorológicas Utilizadas IDEAM

Nº	ESTACION	CORRIENTE	TIPO
1	Monguí	Monguí	PM
2	Apto Lleras	Chicamocha	CP
3	Las Cintas	Qda Las Cintas	PM
4	Nobsa	Chicamocha	PM
5	Sena	Chicamocha	PM
6	Tibasosa	Chicamocha	CO
7	Firavitoba	Pesca	PM
8	Iza	Pesca	PM

Fuente: IDEAM, Autor

[illegible]

6.5.6.2 Precipitación

Este es uno de los parámetros de mayor importancia debido a que determina la entrada de mayor aportación de agua a una cuenca, junto con la cantidad y frecuencia que esta tiene. Para el análisis de la precipitación se contó con los datos de las estaciones meteorológicas y que fueron relevantes para el cálculo de la precipitación media y mapa de isoyetas de la zona estudiada.

$$P_x = \frac{Px'}{N} \left(\frac{PA}{PA'} + \frac{PB}{PB'} + \frac{PC}{PC'} \right)$$

N: Número de estaciones pluviométricas

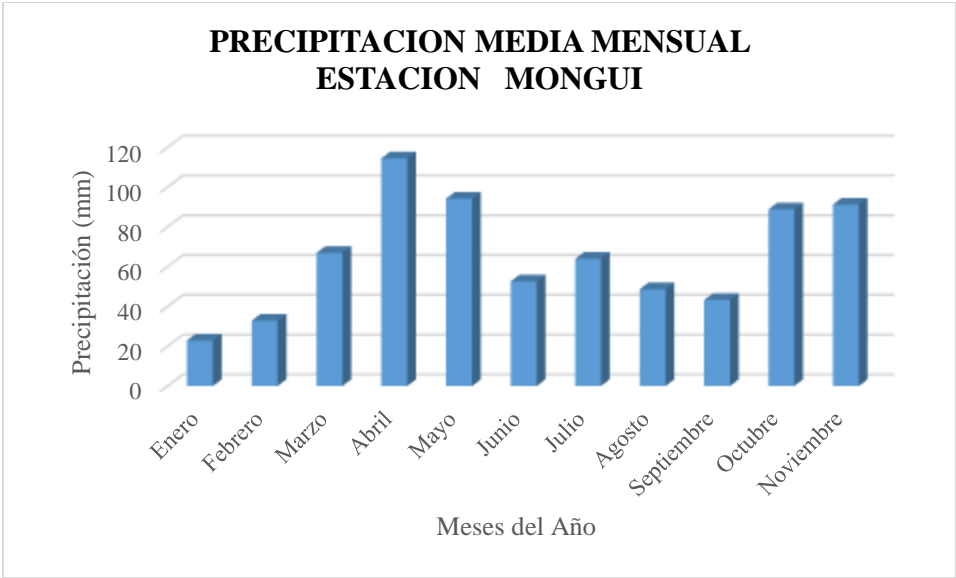
PX: Precipitación de la estación X durante el período de tiempo por completar

PX', PA', PB', PC': Promedio de precipitaciones anuales registradas en las estaciones A, B, C, y X de un período común.

PA, PB, PC: Precipitaciones de las estaciones A, B, y C durante el período que falta en X.

Se contó con una serie de datos meteorológicos con los cuales se elaboraron los histogramas de frecuencia, en estos se observa el comportamiento bimodal de la precipitación media anual desde el año 1990-2017, presentando fluctuaciones importantes, este régimen bimodal se caracteriza por presentar períodos de lluvia mayor en los meses de Abril y Mayo y en el segundo régimen en los meses de octubre y noviembre, se presenta una similitud en las estaciones utilizadas.

FIGURA 40. Histograma de Frecuencia de la Estación Monguí



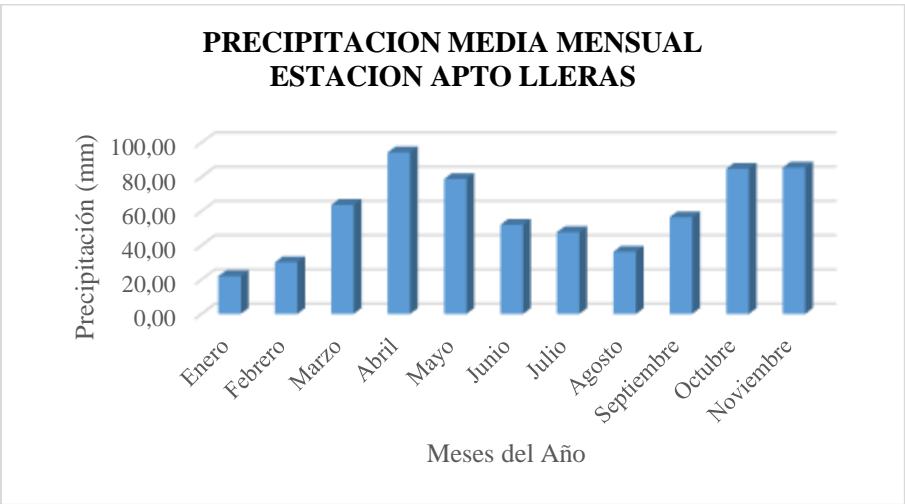
Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

TABLA 30. Estación Monguí

ESTACION MONGUI													
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Valor Anual
PRECIPITACION (mm)	22,855556	32,88	66,90	114,43	94,15	52,63	64,05	48,71	43,29	88,83	91,21	35,862963	755,80

Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

FIGURA 41. Histograma de Frecuencia de Estación Aeropuerto Lleras



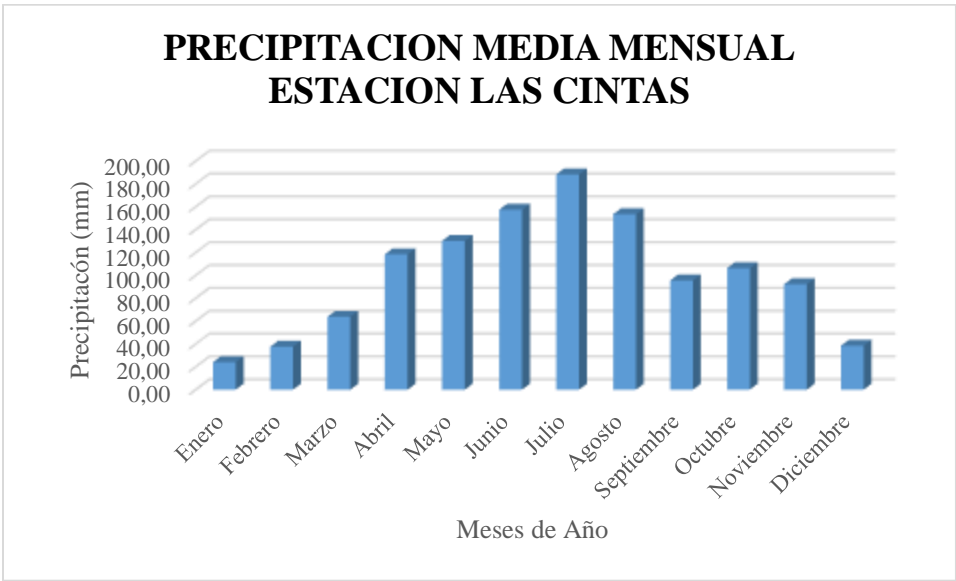
Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

TABLA 31. Estacion Aeropuerto Lleras

ESTACION APTO LLERAS													
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Valor Anual
PRECIPITACION (mm)	22,04	30,08	63,60	94,27	78,72	52,03	47,68	36,26	56,40	84,75	85,37	26,979412	712,92647

Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

FIGURA 42. Histograma de Frecuencia de Estación Las Cintas



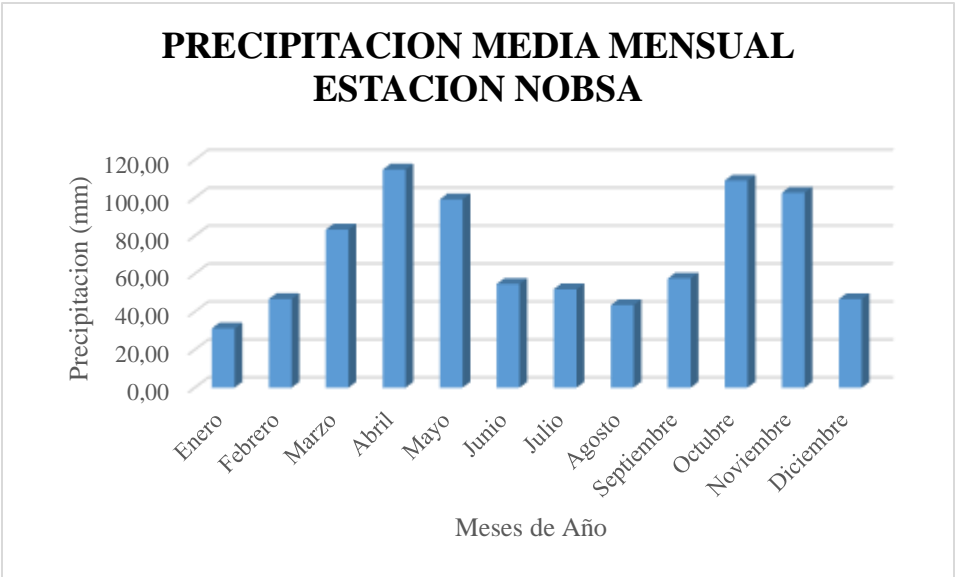
Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

TABLA 32. Estación Las Cintas

ESTACION LAS CINTAS													
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Valor Anual
PRECIPITACION (mm)	24,00	37,55	63,69	118,40	130,01	157,33	188,26	153,43	95,46	106,20	92,17	38,46	1204,97

Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

FIGURA 43. Histograma de Frecuencia de Estación Nobsa



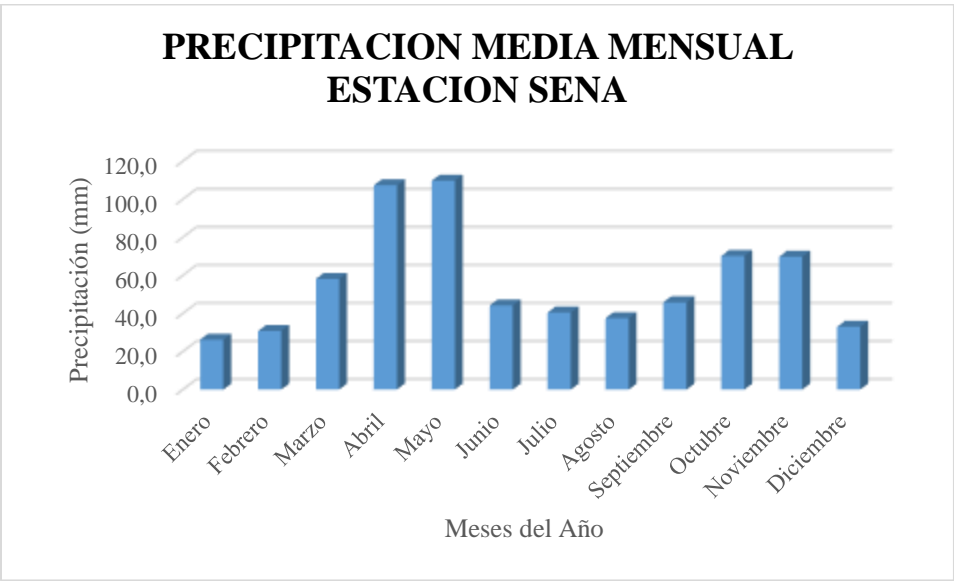
Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

TABLA 33. Estacion Nobsa

ESTACION NOBSA													
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Valor Anual
PRECIPITACION (mm)	31,23	46,65	83,31	114,92	99,21	54,63	51,81	43,46	57,51	109,07	102,65	46,63	841,09

Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

FIGURA 44. Histograma de Frecuencia de Estación Sena



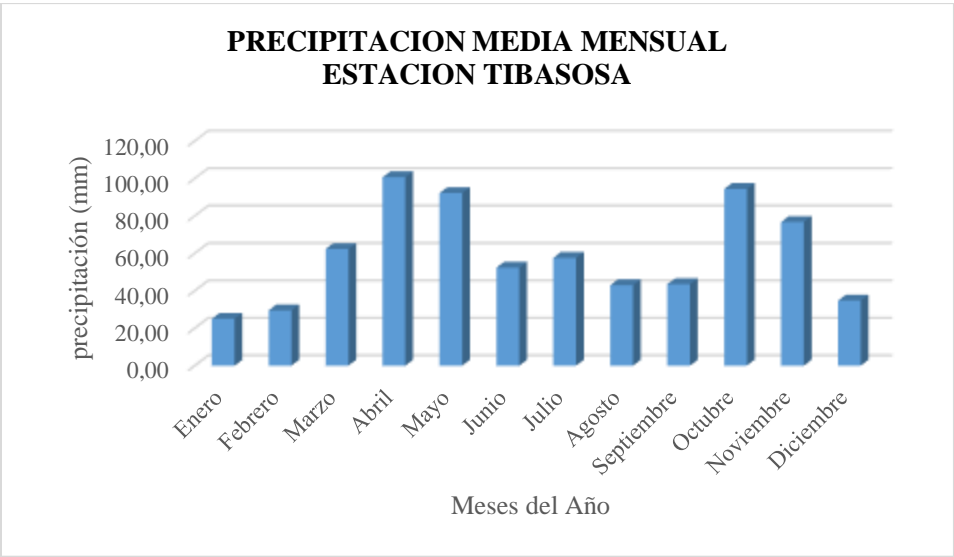
Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

TABLA 34. Estación Sena

ESTACION SENA												
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
PRECIPITACION (mm)	26,2	30,8	58,1	107,3	109,7	44,2	40,4	37,5	45,8	70,2	69,8	33,0

Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

FIGURA 45. Histograma de Frecuencia de Estación Tibasosa



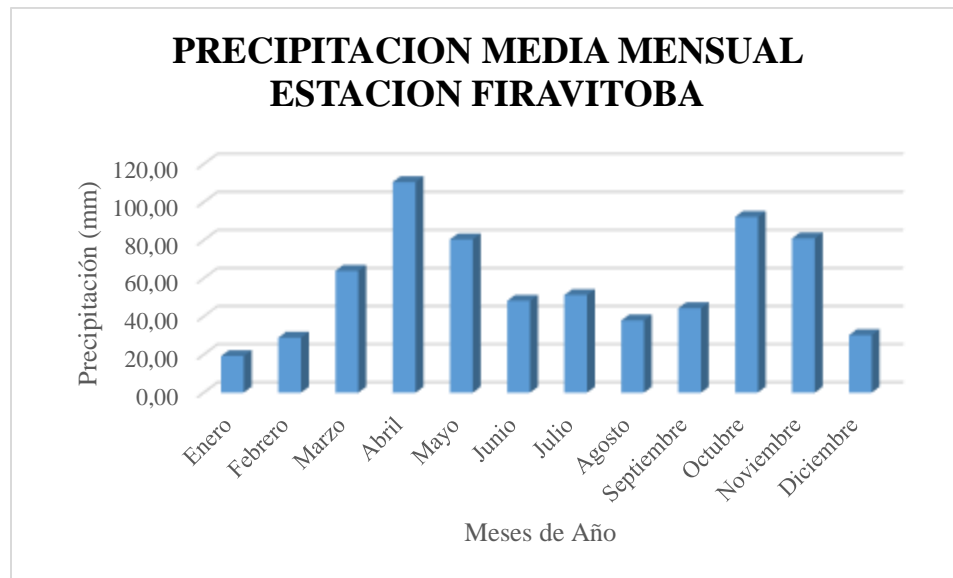
Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

TABLA 35. Estacion Tibasosa

ESTACION TIBASOSA													
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Valor Anual
PRECIPITACION (mm)	25,00	29,53	62,26	100,66	92,19	52,34	57,58	42,96	43,50	94,38	76,70	34,75	711,85

Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

FIGURA 46. Histograma de Frecuencia de Estación Firavitoba



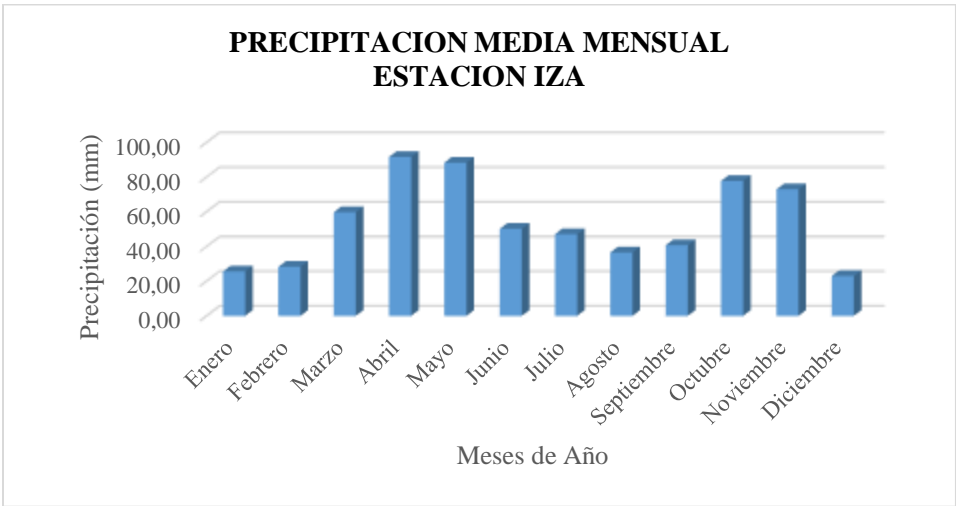
Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

TABLA 36. Estacion Firavitoba

ESTACION FIRAVITOBA													
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Valor Anual
PRECIPITACION (mm)	19,18	28,80	63,92	110,49	80,38	48,18	51,21	37,92	44,31	92,23	80,92	30,13	57,3

Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

FIGURA 47. Histograma de Frecuencia de Estación Iza



Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

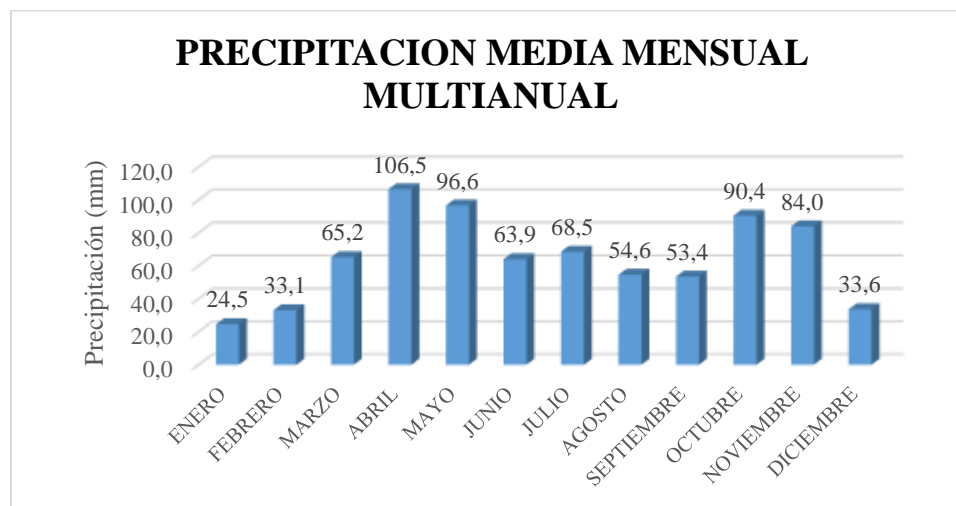
TABLA 37. Estación Iza

ESTACION IZA													
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Valor Anual
PRECIPITACION (mm)	25,62	28,32	59,76	91,61	88,36	50,20	47,15	36,58	40,78	77,74	72,98	22,97	53,5

Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

En la Figura correspondiente a la precipitación media mensual multianual desde 19990-2017 se puede apreciar el comportamiento bimodal de los regímenes de lluvia de la cuenca, el primero de ellos entre los meses de abril – mayo y el segundo entre los meses de octubre y noviembre, cuyos valores registrados están entre los 84 mm/mes y 106,5mm/mes; En general en el transcurso del año los valores de precipitación media mensual oscilan entre los 24 mm/mes – 106 mm/mes, registrando los valores más bajos en el mes de enero y los más altos han sido registrados en el mes de abril. En cuanto a la distribución geoespacial, se observa que las precipitaciones son mayores hacia el sureste de la cuenca, concordando con las zonas de mayores alturas sobre las veredas las cintas y las cañas.

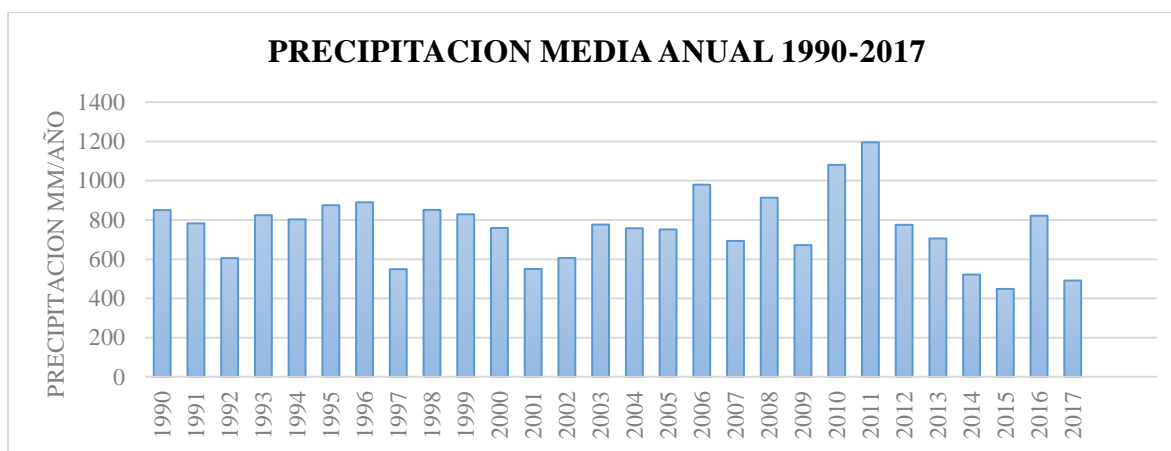
FIGURA 48. Precipitación Media Mensual Multianual



Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

En la siguiente grafica se puede apreciar el comportamiento de la precipitación media mensual anual en el área de estudio, desde 1990-2017, tiempo en el cual ha presentado fluctuaciones importantes que ha experimentado nuestro país en los últimos años; la primera de ellas correspondiente al año de 1996 en el cual presenta precipitaciones cerca a los 900mm/año, la segunda una temporada de lluvia bastante fuerte registrado en el año 2006 y la tercera fluctuación se da a entre los años 2010 y 2011, evidenciada por la precipitación superior a los 1.000 mm/año, incrementos bastante importantes que se deben tener en cuenta, ya que el área de estudio presenta precipitaciones promedio anual que varían entre 700 - 900 mm/año, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar en donde se presente. También se puede observar períodos de bajas precipitaciones en los años 1992,1997, 2001 y en entre 2014 y 2015 en los cuales los valores medios de precipitación anual están por debajo de los 1000 mm/año, incluso en las partes más altas de la cuenca.

FIGURA 49. Precipitación Media Anual 1990-2017



Fuente: Suministro de datos del Ideam, Autor

6.5.7 Precipitación Media

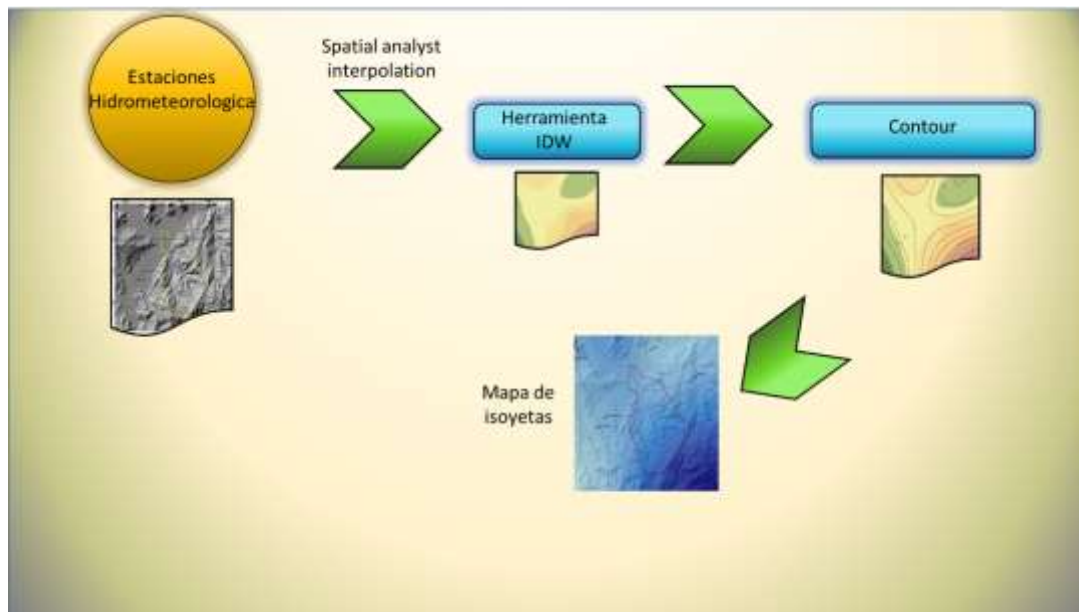
Para el cálculo de la precipitación media, se realizó mediante la ecuación de media aritmética el cual consiste en realizar la suma del valor registrado en cada una de las estaciones pluviométricas del área y dividirla por el número total de estaciones analizadas.

$$P = \sum_{k=0}^n (P_i/n).$$

Aplicando la formula anterior se encontró un valor de precipitación media de 779,54 mm/año. Por medio del programa de ArcGis 10.2 se elaboró el mapa de isoyetas, para su realización fue necesario crear tablas de atributos con los valores de la precipitación en cada una de las estaciones meteorológicas, a partir de estos datos se realiza una interpolación raster de tipo IDW, en donde estima valores usando función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie lo que resulta en una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada, a partir de este resultado se generaron los contornos a un intervalo de 50 mm, mediante la opción de contornos en las herramientas de análisis espacial correspondiente a la superficie.

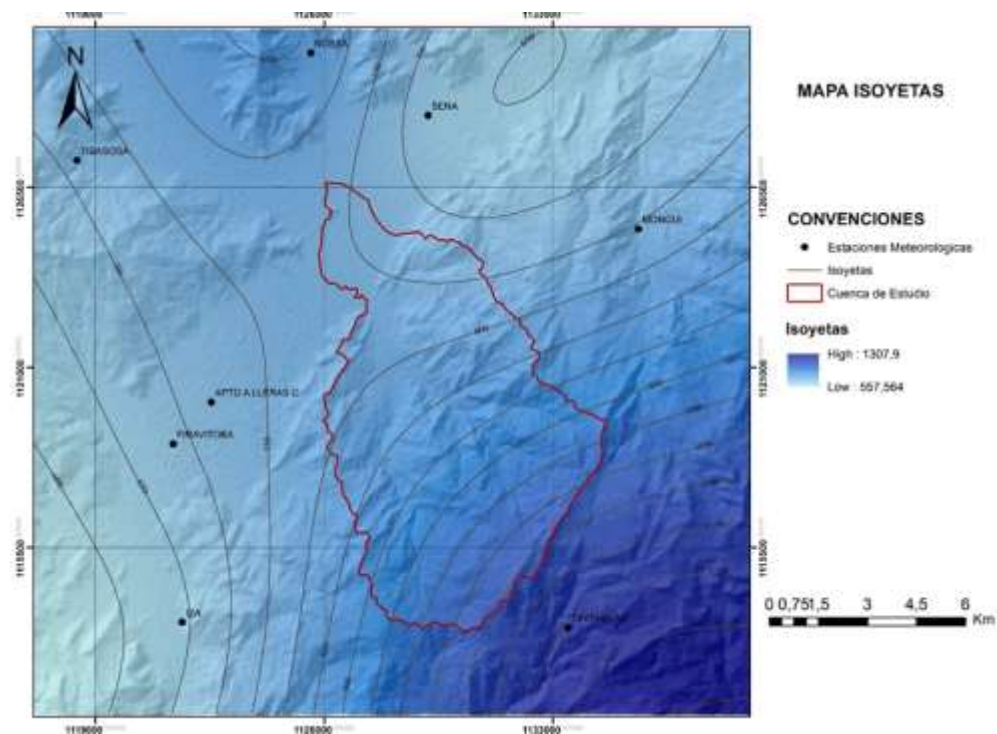
En este mapa se observa las variaciones de precipitación según la distribución de estaciones meteorológicas en el área, mostrando que valores mínimos de 557,5 mm con tonalidades de azul claro y puede llegar a valores máximos de 1307,09 mm. Se muestra que hacia el norte de la cuenca se presenta los mayores valores de precipitación, hacia esta parte se estima mayor nivel de caudales en los drenajes y afluentes.

FIGURA 50. Modelamiento para la obtención mapa de isoyetas



Fuente: Autor

FIGURA 51. Mapa de Isoyetas



Fuente: Autor

6.6 PENDIENTE DE TERRENO

Muchos de los terrenos localizados a lo largo de la cuenca presentan características topográficas y altimétricas muy variadas, estas variaciones de altitud resultan en la presencia de desniveles a los que se les denomina pendientes de terreno, estas pendientes constituyen características cuantitativas en la descripción del terreno, en la disposición y ordenamiento de zonas socio económicas de producción.

Esta variable guarda relación cercana con el relieve geomorfológico. Por ende se hace necesario realizar el cálculo de esta variable, para esto entendemos que la pendiente es una forma de medir el grado de inclinación del terreno. A mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente se mide calculando la tangente de la superficie. La tangente se calcula dividiendo el cambio vertical en altitud entre la distancia horizontal, Normalmente la pendiente se expresa en planimetría como un porcentaje de pendiente que equivale al valor de la tangente (pendiente) multiplicado por 100, sin embargo esta forma de expresar la pendiente es muy común, aunque puede ser algo confusa porque por ejemplo un valor de pendiente del 100% se corresponde con un ángulo de 45 grados ya que la altura y la base de un ángulo de 45 grados coinciden y al dividirlos da como resultado 1 que si se multiplica por 100 es igual a una pendiente del 100%. Otra forma de expresar la pendiente es en grados. Para calcular los grados se utiliza el valor de arco tangente de la pendiente: (Geogra, s.f.).

El cálculo de la pendiente hace parte de los insumos básicos en el análisis de amenazas por fenómenos naturales, Su cálculo compone principalmente la variable de morfometría. La pendiente

de un terreno se relaciona con la morfología y dinámica de todas las formas del relieve; todas ellas tienen un umbral límite que las clasifica o jerarquiza de acuerdo con su geometría; es decir, la pendiente constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno sin embargo para este caso los rangos son dados por 5 intervalos y clasificados de acuerdo al grado de susceptibilidad así:

FIGURA 52. Rangos de pendientes y clasificación de susceptibilidad INGEOMINAS 2011

Rangos en %	Clasificación	Pendiente
>75	5	Muy Alta
50 – 75	4	Alta
50 – 25	3	Media
7 – 25	2	Baja
0 – 7	1	Muy Baja

Fuente: Ingeominas 2011

Para el caso de la cuenca del río Monquirá se emplearon los rangos sugeridos en la metodología de anexo A del POMCA, los cuales son dados por el IGAC comprenden siete rangos en porcentaje y adicionalmente una clasificación cualitativa según el tipo de relieve.

TABLA 38. Rangos de pendientes dada por el IGAC

SÍMBOLO	GRADIENTE %	DESCRIPCIÓN
a	0-3	Plano
b	3-7	Ligeramente inclinado
c	7-12	Moderadamente inclinado
d	12-25	Fuertemente inclinado
e	25-50	Ligeramente escarpado
f	50-75	Moderadamente escarpado
g	>75	Fuertemente escarpado

Fuente: IGAC 2013

Siguiendo este ejemplo de clasificación se presenta el cálculo de la pendiente media de los cauces más representativos y principal de la cuenca, este parámetro permitirá relacionar la complejidad de la dinámica fluvial con aspectos como la escorrentía, la infiltración, así mismo conocer los factores físicos que intervienen en el tiempo de concentración de agua, su capacidad erosiva y generadora de eventos torrenciales, que a futuro serán empleados en actividades de diseño estructural.

A continuación se muestra el diagrama de flujo para el modelamiento y obtención del mapa de pendientes

Modelo de elevación digital DEM

Spatial analyst tools surface

Herramienta Slope

Reclassify

Rangos IGAC

PENDIENTE	RANGOS IGAC	RECLASIFICACIÓN
0	0-1	pendiente 0-10%
1	1-2	pendiente 10-20%
2	2-3	pendiente 20-30%
3	3-4	pendiente 30-40%
4	4-5	pendiente 40-50%
5	5-6	pendiente 50-60%
6	6-7	pendiente 60-70%
7	7-8	pendiente 70-80%
8	8-9	pendiente 80-90%
9	9-10	pendiente 90-100%

Mapa de Pendientes

De este cálculo se caracterizó los cauces de acuerdo al rango anterior, evidenciando el dominio de relieve tipo escarpado con el 80% del total de los cauces, el cual cuenta con pendientes desde el 25 50 %, este rango posibilita mayor fuerza erosiva del flujo, el gradiente de nivel imprime distintos horizontes de energía cinética, que a su vez afectarían los materiales de fondo en el canal, sin embargo este aspecto no suscita ni determina en su totalidad el nivel de erosión puesto que para el desprendimiento y posterior arrastre de sedimentos se requiere un análisis de fondo en la composición de las rocas en la superficie de escorrentía

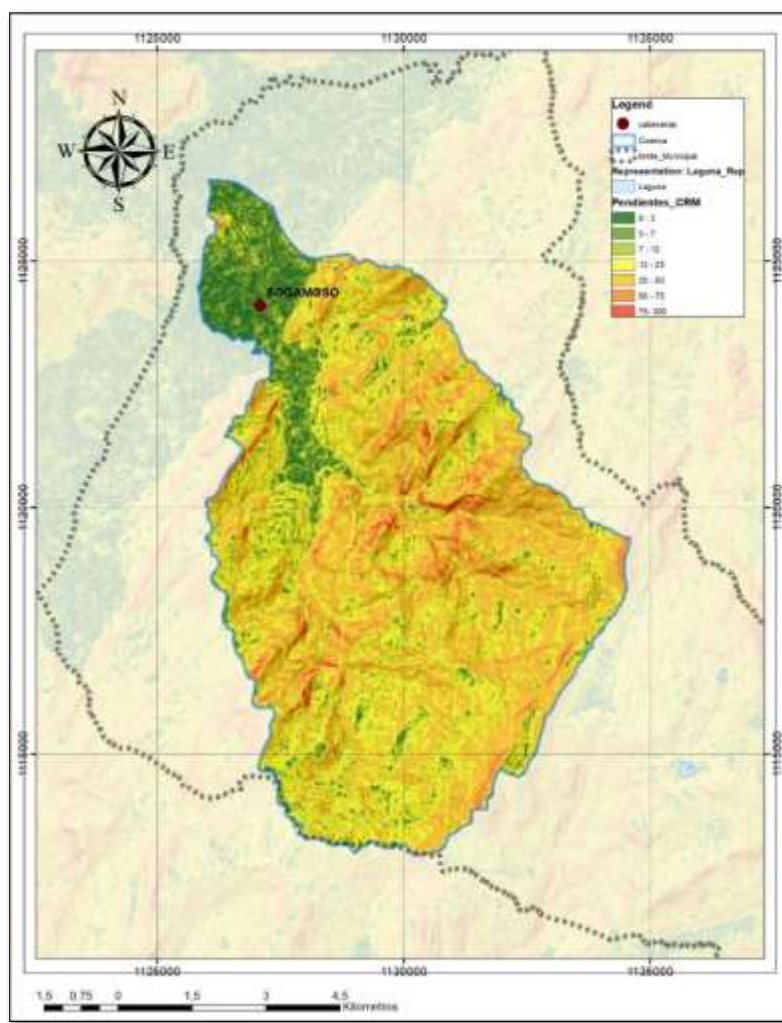
Cauce	Pendiente %	Tipo relieve
Quebrada Pinturas	34,26	Ligeramente Escarpado
Quebrada Ombachita	18,75	Fuertemente Inclinado
Río Chorrerano (Quebrada La Chorrera)	20,51	Fuertemente Inclinado
Río Monquirá	17,64	Fuertemente Inclinado
Quebrada El Chuscal	41,22	Ligeramente Escarpado
Quebrada El Ruchical	32,61	Ligeramente Escarpado
Quebrada El Ahorcado	44,22	Ligeramente Escarpado
Quebrada El Tejar	35,88	Ligeramente Escarpado
Quebrada Arrayán	33,48	Ligeramente Escarpado
Quebrada Goata	41,98	Ligeramente Escarpado
Quebrada Pantano Hondo	34,89	Ligeramente Escarpado
Quebrada Helechal (Q.Dichavita)	34,63	Ligeramente Escarpado
Quebrada Saivita	44,95	Ligeramente Escarpado
Quebrada El Hatillo	65,73	Moderadamente Escarpado
Quebrada La Rejoia (Q. La Rehoya)	45,14	Ligeramente Escarpado

Cauce	Pendiente %	Tipo relieve
Quebrada Pinturas	34,26	Ligeramente Escarpado
Quebrada Ombachita	18,75	Fuertemente Inclinado
Río Chorrerano (Quebrada La Chorrera)	20,51	Fuertemente Inclinado
Río Monquirá	17,64	Fuertemente Inclinado
Quebrada El Chuscal	41,22	Ligeramente Escarpado
Quebrada El Ruchical	32,61	Ligeramente Escarpado
Quebrada El Ahorcado	44,22	Ligeramente Escarpado
Quebrada El Tejar	35,88	Ligeramente Escarpado
Quebrada Arrayán	33,48	Ligeramente Escarpado
Quebrada Goata	41,98	Ligeramente Escarpado
Quebrada Pantano Hondo	34,89	Ligeramente Escarpado
Quebrada Helechal (Q.Dichavita)	34,63	Ligeramente Escarpado
Quebrada Saivita	44,95	Ligeramente Escarpado
Quebrada El Hatillo	65,73	Moderadamente Escarpado
Quebrada La Rejoya (Q. La Rehoya)	45,14	Ligeramente Escarpado

Cauce	Pendiente %	Tipo relieve
Quebrada Honda	43,06	Ligeramente Escarpado
Quebrada El Vino	41,46	Ligeramente Escarpado
Quebrada Alvarado (Zanjón Bayona)	34,22	Ligeramente Escarpado
Quebrada La Unión	34,78	Ligeramente Escarpado
Quebrada Chiquita (Q.Honda)	23,92	Fuertemente Inclinado
Quebrada Los Cardenas	28,79	Ligeramente Escarpado
Quebrada Alumbre	39,00	Ligeramente Escarpado
Quebrada La Curia	46,82	Ligeramente Escarpado
Quebrada Tenería	34,50	Ligeramente Escarpado
Quebrada La Carbonera	41,70	Ligeramente Escarpado

Fuente: Autor

FIGURA 54. Pendientes de la cuenca hidrográfica del Río Monquirá



Fuente: Autor

6.7 GEOMORFOLOGIA

Bien se sabe que la geomorfología brinda una comprensión de la forma actual del relieve, su evolución y dinámica que lo configuró, este modelamiento ha sido producto de la acción de agentes geomorfológicos que actúan sobre elementos geológicos, generando diferentes eventos que modifican el paisaje como la erosión, la sedimentación, la creación de zonas de acumulación, el relleno de planicies sumados a otros, que han ocurrido en diferentes períodos de tiempo. Este ciclo de sucesos hace parte de la relación Geoforma, material parental, y cambio topográfico. Para tal fin de comprensión en el análisis geomorfológico general se parte de cuatro principales ambientes, dentro de los cuales se derivan las unidades geomorfológicas o geoformas. Varias de estas geoformas pueden ser producto de actos antrópicos, por consiguiente el conocer las características geomorfológicas de la cuenca brindara un indicio de las características del suelo, así como de posibles amenazas naturales, que permitan tomar decisiones en áreas de explotación, zonas agrícolas o de futura urbanización.

De acuerdo a lo anterior el diagnostico geomorfológico de la cuenca del Río Monquirá busca dejar a la comunidad técnica y en general un precedente específico en cuanto al estado actual del relieve, eventos morfo-dinámicos, que identifiquen las formas como resultado de la acción de varios factores entre los cuales merecen especial atención, el material del cual están constituidas las unidades litológicas con base en la historia geológica evolutiva y el proceso que las originó, sea estructural, denudacional, erosionar, o mixto. Así se produjo un mapa que delimito las unidades de la cuenca. Este se elaboró a partir de información base contenida en el estudio de *“Actualización de amenazas y gestión del riesgo del municipio de Sogamoso”* adicionalmente se modificó y se corrobora con trabajo de campo.

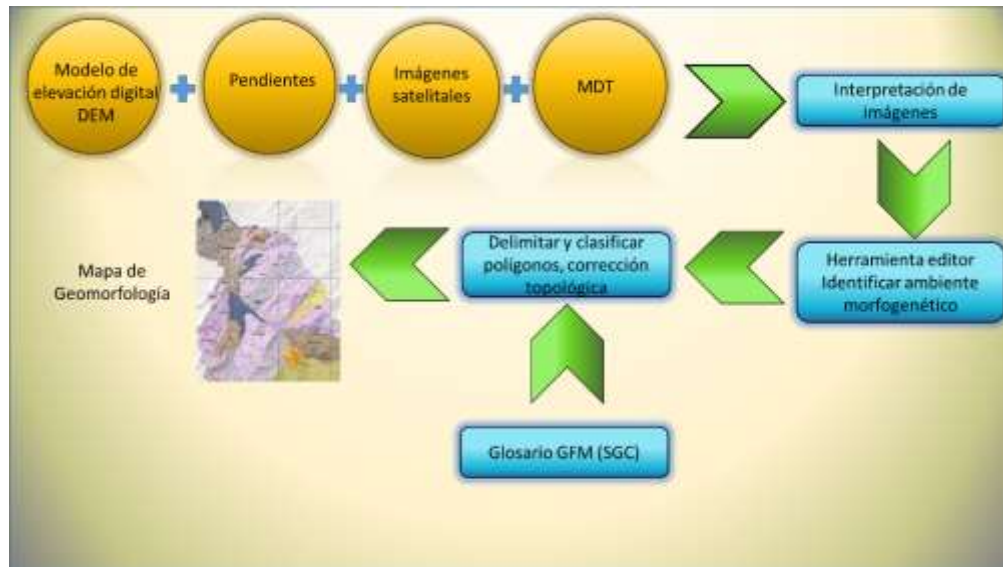
De esta manera el principal motivo de incorporar los aspectos geomorfológicos de la cuenca el relieve, los materiales involucrados, los procesos morfo dinámicos es brindar información de toda la transformación y modelamiento del espacio que la compone, siendo así un punto de partida en la toma de decisiones en diseño de infraestructura, en el planeamiento territorial, y de disponer e identificar las zonas de mayor susceptibilidad a fenómenos amenazantes

6.7.1 INTERPRETACIÓN DE SENSORES REMOTOS

El paso inicial para la elaboración del mapa geomorfológico es la búsqueda de información o insumos básicos de diferentes fuentes tanto públicas como privadas que permitan ayudar a determinar preliminarmente las zonas geomorfológicas. En esta etapa es importante contar con un modelo digital del terreno, imágenes de satélite, fotografías aéreas, cartografía Básica a escala 1:25.000, mapa de pendientes, mapa geológico estructural y estándares cartográficos así como información temática relacionada con la génesis de las formas del terreno con el fin de obtener una visión general de la geomorfología del área de estudio Se realizó una actividad de fotointerpretación de Sensores Remotos a escala 1:25.000, de Imágenes, ortofotos y fotografías aéreas así como del modelo digital dl terreno, se definen y delimitan cartográficamente los procesos morfodinámicos existentes, así como las geoformas con rasgos específicos del relieve (escarpes naturales o antrópicos , relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle), determinados por la morfometría detallada del terreno dentro de un determinado sistema o paisaje geomorfológico así como el ambiente de formación que relaciona características particulares del

relieve con un patrón de componentes de Subunidades del Terreno tomando en cuenta la metodología planteada, ej.: planos de inundación, terrazas, cerros, lomos de falla. Geoformas que reflejan características internas.

FIGURA 55. Modelamiento para la obtención del mapa geomorfológico



Fuente : Autor

TABLA 40. Ambientes morfo genéticos y estándar de color

AMBIENTE	DEFINICIÓN	COLOR
Ambiente morfoestructural	Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamiento. Incluye el ambiente neotectónico (Geoformas originadas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario).	El color utilizado en la cartografía para estos paisajes es el púrpura.
Ambiente volcánico	Asociado en las regiones donde predominan los procesos que generan geoformas volcánicas por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra.	Color recomendado el rojo de acuerdo con Verstappen y Van Zuidam (1992).
Ambiente denudacional	Determinado por la actividad de procesos de meteorización, y predominantemente de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa actuantes sobre geoformas pre-existentes.	Para este tipo de regiones el color adoptado es el marrón.
Ambiente fluvial	Corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la actividad fluvial.	Se propone el color azul para estas regiones.
Ambiente marino profundo y costero	Determinado por las geoformas construidas por la actividad de las corrientes marinas y el oleaje costero del mar.	El color propuesto para este tipo de región es el verde.

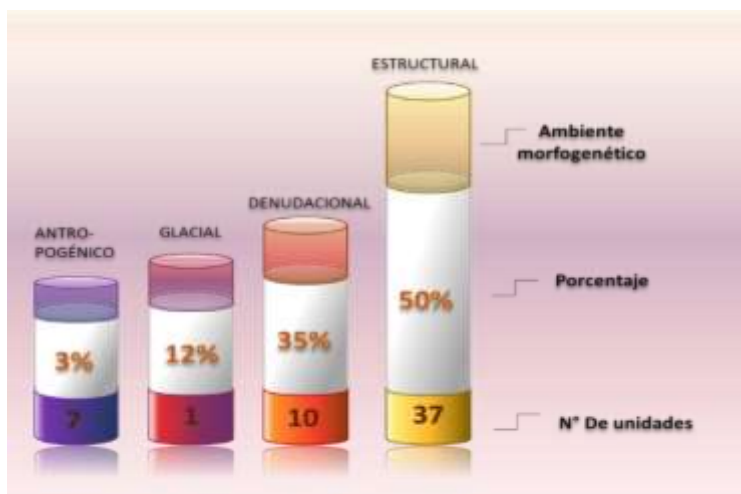
Ambiente glaciar	Definido por las geoformas originadas por la acción glaciar, tanto de los casquetes polares, como en altas montañas.	Color de la simbología para la cartografía de este tipo de ambiente natural es el gris.
Ambiente eólico	Geoformas formadas por la acción del viento, como agente modelador del paisaje en zonas desérticas principalmente	Las geoformas de este ambiente se identifican con color amarillo de acuerdo al sugerido por Verstappen y Van Zuidam (1992).
Ambiente kárstico	Definido por las formas producto de la meteorización y dilución de rocas y materiales de fácil dilución en ambientes húmedos y cálidos, tales como las calizas y sal	Este tipo de geoformas se recomienda utilizar simbología en color naranja de acuerdo a la metodología ITC. (Verstappen y Van Zuidam, 1992).
Ambiente antropogénico y/o biológico	Morfologías formadas por la actividad del hombre que modifica la superficie del terreno	Geoformas cartografiadas en tramas de color negro

Fuente: Autor

6.7.2 DEFINICIÓN DE AMBIENTES MORFOGENÉTICOS

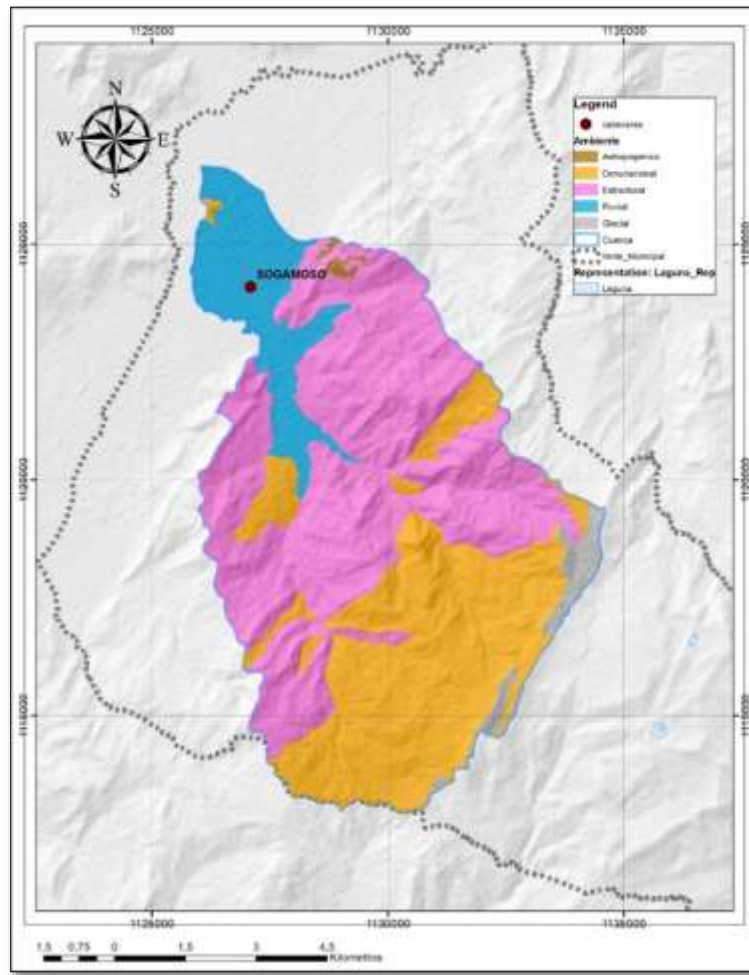
Un ambiente morfo genético, agrupa las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron las geoformas. Se determina con base en la expresión e interpretación de los procesos geomorfológicos registrados en el terreno, que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de las geoformas. Según la clasificación propuesta por Carvajal 2008 y teniendo en cuenta los ambientes morfo genéticos existentes a nivel nacional. Se han relacionado el porcentaje de área que ocupan en la cuenca y el número de unidades cartografiadas como se muestra a continuación.

FIGURA 56. Porcentaje de ambientes morfogénéticos que ocupan en la cuenca del Río Monquirá



Fuente: Auto

FIGURA 57. Ambientes Geomorfológicos de la Cuenca Río Monquirá



Fuente: Autor

6.7.3 Geoformas de origen antropogénico

Incluye las geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, que modifican la morfología natural del terreno. Para el caso de la cuenca del Río Monquirá son canteras.

La siguiente tabla muestra la unidad correspondientes al ambiente Antropogénico la cuales han sido generadas por la intervención del hombre, este ambiente abarca el 0.40% del total del área correspondiente a la cuenca.

TABLA 41. Extensión geoforma de origen antrópico

Ambiente	Código	Unidad	Área Ha
Antropogénico	Ac	Canteras	27,25
Total general			27,25

Fuente: Autor

6.7.3.1 Canteras (Ac)

Geoformas localizadas en el municipio de Sogamoso de forma dispersa pero con predisposición de Nor - Este a sur – Occidente y en algunos sectores muy localizados en la parte Nor - Occidente Sur - Occidente del municipio, se caracterizan las canteras para explotación de arenas, arcillas y recibe las cuales se ubican sobre rocas del cretáceo y del paleógeno, esta unidad se caracteriza por excavaciones escarpadas con altura del orden decimétrico, de formas irregulares o en terracedos hechos en laderas para la extracción de materiales de construcción como arenas al Sur occidente del municipio y recibe en la parte Centro Este. Se incluyen en esta definición las excavaciones realizadas para la extracción de arcillas comúnmente llamadas chircales que son de las más comunes en el municipio de Sogamoso al costado Nor – Oriental.

FIGURA 58. Canteras Arenisca Picacho Sector Cerro Chacón



Fuente. Autor

6.7.4 Geoformas de origen denudacional

Se incluyen las geoformas cuya expresión morfológica no depende del plegamiento de la corteza, sino exclusivamente a los procesos exógenos degradacionales y está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de lluvia-escorrentía, de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas unidades por la acumulación de sedimentos.

Presenta 8 unidades correspondientes al ambiente denudacional las cuales han sido generadas por la acción combinada de los procesos exógenos anteriormente mencionados, este ambiente abarca 35.1% del total del Área correspondiente a la cuenca.

6.7.4.1 Cerró remanente o relicto (Dcrem)

Esta unidad se observa sobre el costado Nor Occidental de la cuenca, delimita de igual manera el límite de esta, sobre la Vereda siatame sector el Cerrito, esta geoforma se caracteriza por ser una prominencia aislada de morfología colinada a alomada la cual sobresale de la topografía circundante. Se caracteriza por presentar la cima redondeada, laderas de longitud moderadamente cortas a largas de forma convexa, se originó por procesos de erosión y meteorización diferencial acentuada y antigua. Se ubica sobre rocas pertenecientes al depósito cuaternario aluvial (Qal) conformada por cantos y gravas redondeadas producto de corrientes de agua.

FIGURA 59. Cerro remanente o relicto (Dcrem)



Fuente: Autor

6.7.4.2 Cerro Residual (Dcrs)

Unidad geomorfológica localizada en la parte central de la cuenca, exactamente en la Vereda Pilar y Ceibita en el sitio conocido como el Alto del Montón, con un área de 80.79 Ha se desarrolló sobre rocas del Cretáceo como la Formación Plaeners (Ksgp) y parte de la formación Chipaque (Ksc), esta geoforma se origina debido a períodos de denudación y meteorización intensa cuya configuración se favorece por la litología de las rocas presentes, la geoforma se caracteriza por exhibir una prominencia topográfica sobresaliente y aislada de morfología colinada de cima redondeada, con ondulaciones, de laderas rectas, moderadamente largas, de pendiente muy inclinada.

6.7.4.3 Cono de Talud (Dct)

Geoforma localizada al Sur - Oriente en la Vereda Pilar Y Ceibita Sector Quebrada Honda y en la Vereda Primera Chorrera Sector el Papayo, esta unidad tiene un área de 153.37 Ha, y se ha desarrollado sobre el Cuaternario reciente conformado por depósitos coluviales (Qc) conformados por materiales mixtos, y sobre rocas del Cretáceo como la formación Chipaque (Ksc) la estructura de la unidad es en forma de cono o lóbulo localizada a la base de los escarpes. Presenta un ápice angosto y en los cambios de pendiente extremos redondeados, las laderas son de longitudes cortas a medias, cóncavas hacia la parte distal. Su origen es relacionado a procesos de acumulación mecánica de bloques y fragmentos angulares heterométricos que se desprendieron de las partes altas. El tipo de drenaje es paralelo.

6.7.4.4 Loma Denudada (Dld)

Geoforma localizada al Este del Municipio de Sogamoso en la Vereda el Hatillo sector conocido como Loma en Medio, esta geoforma se encuentra limitada por las quebradas la Carbonera y Honda, se ha desarrollado sobre rocas del Cretáceo Inferior exactamente sobre la formación Chipaque (Ksc), la geoforma se caracteriza por ser una prominencia topográfica con una altura menor de 200 metros sobre su nivel base local, con una morfología alomada y elongada, de laderas cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a abruptas, Su origen es relacionado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial. Se caracteriza por presentar movimientos en masa y procesos erosivos intensos,

6.7.4.5 Ladera Erosiva (Dle)

Geoforma localizada al Sur y Sur - Occidente del municipio de Sogamoso en la Vereda Dichavita, sector Boquerón, sector Rejoya, Hatillo, la Rosita, Palo Blanco y los Arrayanes en la Vereda Alto Pedregal y Pedregal Bajo sector Buena Vista, Las Casas, el Bosque y Callejuelas, esta unidad se ha desarrollado sobre rocas pertenecientes al Cretáceo, esta geoforma se caracteriza por ser una superficie de terreno con pendientes muy inclinadas de longitud extremadamente largas a moderadas, de formas planas a convexas, el patrón de drenaje típico es subparalelo, se observan procesos erosivos como surcos y soliflucción sobre los materiales de suelo o roca, estas laderas no necesariamente se asocian a una geoforma mayor o a una estructura.

6.7.4.6 Ladera Ondulada (Dlo)

Unidad geomorfológica localizada en la parte Sur de la cuenca en la Vereda Primera Chorrera sector Dichavita, la Peñita y la ladera, al Sur Occidente en la Vereda Pedregal sector el Mortiño La unidad se ha desarrollado sobre rocas del cretáceo donde la mayor área de esta geoforma recae sobre las formaciones Guaduas (KPgg) y Los Pinos (Ksgpi), esta geoforma se caracteriza por ser una superficie en declive de morfología alomada, de pendiente inclinada, donde la longitud de la ladera varía de corta a muy larga, el patrón de drenaje característico es subparalelo, estas laderas se pueden formar también en suelos residuales así como en depósitos coluviales.

TABLA 42. Extensión geoformas de origen Denudacional

Ambiente	Cod	Unidad	Área Ha	Distribución
Denudacional	Dcrem	Cerro remanente o relicto	11,73	0,5%
	Dcrs	Cerro residual	80,79	3,2%
	Dct	Cono de talus	153,37	6,1%
	Dle	Ladera erosiva	1509,15	59,6%
	Dlo	Ladera ondulada	776,11	30,7%
Total general			2531,15	100,0%

Fuente: Autor

6.7.5 Geoformas de Origen Fluvial

Incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

La tabla No 42 muestra la única unidad correspondiente al ambiente fluvial la cual ha sido generada por la acción combinada de los procesos exógenos arriba mencionados, este ambiente abarca el 11.7% del total del Área correspondiente al municipio de Sogamoso.

6.7.5.1 Terraza de acumulación antigua (Ftan)

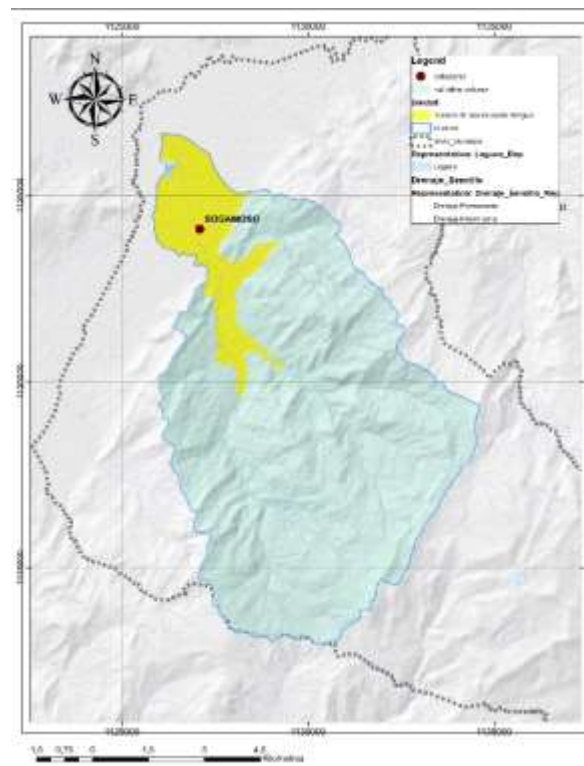
Geoforma localizada al costado Nor – Occidental de la cuenca abarca toda el área urbana, suburbana y parte del área de expansión urbana, se observa en los sectores conocidos como Vereda Vanegas, Vereda Primera y Segunda Chorrera, Vereda Siatame y Vereda Monquirá, su orientación está limitada al este por unidades de origen estructural con predominancia Nor – Este, al Sur Este de la Terraza se localiza parte del Barrio Oriente, Barrio el Cortijo, Sector Playita y Milagro llegando hasta el sector conocido como Puerto Nuevo, esta geoforma se ha desarrollado sobre el Deposito Cuaternario Aluvial (Qal), localmente comprende zonas que bordean los ríos Monquirá y Río Chiquito Parte de la quebrada Ombachita de la quebrada las Torres, así como la quebrada Honda. Donde la mayoría de estos cuerpos de agua presentan una dirección predominante Nor occidente para llegar a los canales artificiales de Venecia y de Suescún, también se encuentra el Canal del Norte y el Canal Caimán. La unidad se caracteriza por ser una superficie casi plana de varios kilómetros de extensión, de laderas largas y convexas en forma de abanico ampliamente explayado, de pendientes suaves. Se caracteriza por presentar pendientes de 3° a 7° en las partes altas se ve limitada da por escarpes de disección en forma de “V”, discordantes sobre rocas recientes pertenecientes a formaciones del paleógeno. Hace parte de la antigua llanura de inundación y planicie aluvial antigua la cual fue algo basculada y sometida a procesos denudativos intensos que dejaron una morfología alomada a plana, Su depósito está constituido por gravas, arenas limos y arcillas.

TABLA 43. Extensión geoforma de origen Denudacional

Ambiente	Cod	Unidad	Área Ha	Distribución
Fluvial	Ftan	Terraza de acumulación antigua	842,59	100,0%
Total general			842,59	100,0%

Fuente: Autor

FIGURA 60. Terraza de acumulación antigua (Ftan)



Fuente: Autor

6.7.6 Geoformas de origen glacial.

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados a la erosión intensa ocasionada por el movimiento de grandes masas de hielo en zonas de alta montaña durante épocas glaciales, o igualmente por la acción del enfriamiento intermitente y saturación de sedimentos en zonas periglaciares. Tales eventos esculpieron el sustrato rocoso de origen estructural preexistente y además generaron grandes cantidades de sedimento, acumulados en las laderas adyacentes.

La TABLA 43 muestra 4 unidades correspondientes al ambiente Glacial, este ambiente posee menor extensión en relación a otros con el 2.7% % del total del área correspondiente al Municipio de Sogamoso

6.7.6.1 Cono Glacio Fluvial (Gcgf)

Geoforma localizada al sur Oriente de la cuenca del Río Monquirá, en la Vereda Mortiñal en el sitio denominado Loma Calicantra, la unidad se ha desarrollado sobre los depósitos cuaternarios Coluviales (Qc), limitando la cuenca con zona de paramo esta geoforma se caracteriza por formar Conos de longitud larga a muy larga, de laderas rectas a convexas y muy inclinadas constituidas de bloques angulares de varios metros de arista, su matriz está constituida de arcilla con bloques de tamaños decimétricos y localmente paleosuelos negros. Su origen está asociado a corrientes torrenciales producto del deshielo de la parte más distal de una masa glacial. Los abanicos glaciofluviales son coalescentes algunas presentan disección longitudinal en asocio de escarpes en forma de “V”.

6.7.6.2 Ladera Estructural de Cuesta Glaciada (Gcle)

Geoforma localizada al Sur del la cuenca, en la Vereda las Cintas costado sur occidental, en los sitios conocidos como el Volcán, Villa Rosa, la San Pascual, la unidad se ha desarrollado sobre rocas del Cretáceo y del Paleógeno como las formaciones Plaeners (Ksgp), los Pinos (Ksgpi), Labor y Tierna (Ksgt), Guaduas (KPgg), Areniscas del Socha (Pgars) y Arcillas del Socha (Pgas). La geoforma se caracteriza por exponer laderas con la inclinación de los estratos en favor de la pendiente, producto del basculamiento suave de las capas de rocas duras y blandas, de longitud muy larga, de forma cóncava a irregular, escalonada y con pendiente escarpada, el tipo de drenaje característico es subparalelo.

6.7.6.3 Ladera de contrapendiente de Sierra Anticlinal Glaciada (Gsalc)

Geoforma ubicada tanto al costado Sur – Oriental como Occidental con orientación preferencial nor – este, sur - oeste en límites del área del páramo de Siscunci sobre las Veredas Primera Chorrera sobre un pequeño sector al occidente en el sitio denominado el Mortiño, en la Segunda Chorrera y las Cintas en los sectores el Toldo, al norte en la vereda Pilar y Ceibita y Mortiñal Alto en los sitios conocidos como el Sual, los Encenillos, Peña Negra, sector Peña Lisa, Peña Alta y Peña del Cajón, esta unidad se ha desarrollado sobre rocas del Cretáceo como la formación Plaeners (Ksgp), Labor y Tierna (Ksgt) y del Paleógeno como la formación Areniscas del Socha (Pgars), esta geoforma se caracteriza por exhibir laderas de longitudes cortas a extremadamente largas, de forma convexa, de pendientes abruptas a escarpadas, sus capas se encuentran dispuestas en sentido opuesto a la pendiente de las laderas. Su origen se asocia al desmantelamiento por erosión glacial y periglacial de los estratos blandos de la cima dejando localmente depresiones de exaración.

6.7.6.4 Ladera estructural sierra anticlinal glaciada (Gsale)

Geoforma localizada al suroriente del municipio de Sogamoso en las Veredas Mortiñal, Pilar y Ceibita y las Cintas, con una orientación preferencial Nor – Este, Sur – Oeste, en los sectores conocidos como Peña Lisa, el Sual, el Tobo, Palo Blanco, Peña Alta y Loma Larga, esta unidad se ha desarrollado sobre rocas del Cretáceo como las formaciones Labor y Tierna (Ksgt) y Guaduas

(Kpgg), la geoforma se caracteriza por laderas de longitud extremadamente largas a cortas, de forma recta con pendientes abruptas cuyas capas se encuentran dispuestas en el mismo sentido de la pendiente. Se constituyen de rocas competentes afectadas por procesos de gelifracción y extracción (plucking). Son comunes las depresiones de exaración, localmente desarrolladas a circos de nivación y glaciales, se caracteriza por formar patrones de drenaje subparalelo.

TABLA 44. Extensión geoforma de origen Glacial

Ambiente	Cod	Unidad	Área Ha	Distribución
Glacial	Gcgf	Conos glaciofluviales	4,53	2,3%
	Gcle	Ladera estructural de cuesta glaciada	8,77	4,5%
	Gsalc	Ladera de contrapendiente sierra anticlinal glaciada	64,22	32,6%
	Gsale	Ladera estructural sierra anticlinal glaciada	119,24	60,6%
Total general			196,76	100,0%

Fuente: Autor

6.7.7 Geoformas de origen estructural

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades.

En la siguiente tabla se observan 11 unidades correspondientes al ambiente Estructural las cuales han sido generadas por la acción combinada de los procesos de endógenos antes mencionados, este ambiente abarca el 50 % del total del área de la cuenca.

6.7.7.1 Escarpe de línea de Falla (Slfe)

Esta geoforma se localiza al Sur sobre la Vereda Segunda Chorrera con un área de 37.88Ha su dirección predominante es este – oeste y se ha desarrollado sobre rocas del cretáceo en la formación Chipaque (Ksc), esta geoforma se caracteriza por la generación de un plano vertical a subvertical corto de pendiente abrupta, su origen es relacionado al truncamiento de estructuras topográficas y geológicas afectadas por procesos de erosión acentuada y tectonismo.

6.7.7.2 Ladera de Contrapendiente de Sierra Anticlinal (Ssalc)

Esta unidad se localiza al Sur – Occidente y Oriente en el sector conocido como el Alto Unebe o Loma el Tunal, sector casa enterrada y los Rosales, Parte de la Vereda alto Pedregal, en el Alto Monquirá sector el Roble y los Sabanales, en la Vereda Ombachita cerca al sector Santa Teresa y la Loma los Cajones, la dirección predominante es Nor – Este y se han desarrollado sobre rocas de edad Cretáceo y Paleógeno. Esta geoforma se caracteriza por ser una ladera subvertical de forma irregular a escalonada generalmente denudada, definida por la disposición de los estratos inclinados en contra de la pendiente del terreno, de longitud corta y de formas irregulares

escalonadas con pendientes abruptas. Desarrollada en la ladera estructural o en la zona de charnela de una sierra anticlinal debido a la acción de procesos de erosión, meteorización o tectonismo que cortan y moldean la estructura original. El producto de procesos de erosión es debido a la alternancia de rocas blandas a intermedias, con un predominio de drenajes dendríticos a subparalelo asociados a la formación de barrancas profundas.

6.7.7.3 Sierra Anticlinal (Ssan)

Geoforma localizada en el municipio de Sogamoso de Sur a Norte con una orientación preferencial al de las estructuras geológicas Nor - Este Sur – Oeste, esta geoforma se observa en las veredas Busaga, Segunda Chorrera, Vereda Mortiñal, Vereda Ombachita y parte de la Vereda Buena Vista. Se ubica sobre rocas de edad cretácea y paleozoica, y se caracteriza por presentar prominencias topográficas elongadas de morfología montañosa, de cimas redondeadas, limitada por sierras sinclinales y laderas estructurales inclinadas a muy abruptas, de forma convexa y de longitud larga. El eje de la estructura es formado por el arqueamiento de los estratos o capas que se inclinan de manera divergente.

6.7.7.4 Ladera de contrapendiente de Sierra Sinclinal (Ssslc)

Geoforma localizada al Sur en las Veredas Chorrera y Dichavita en el sector conocido como Villa Rosita, esta geoforma está limitada por las Quebradas el Alumbre, Pinturas, Ombachita adicionalmente hace parte de la cuchilla Mortiñal donde es limitada por la Quebrada Honda, también es evidente al norte del municipio a lo largo de la Cuchilla Santa Bárbara en Dirección predominante Nor – Este desde el sector conocido como San Jorge pasando por el Barrío el Oasis, la Ladrillera los Alpes, Sector conocido como las Maldivas y Pantanitos esta geoforma está limitada con la Terraza de Acumulación Antigua (Ftan), se ubica sobre rocas del cretáceo y del paleógeno. Se caracteriza por ser una superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma escalonada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una sierra sinclinal (ver Figura 35).

6.7.7.5 Ladera Estructural de Sierra Sinclinal (Sssle)

Esta unidad se observa en la parte Sur – Occidental del municipio de Sogamoso en el sector conocido como Loma las Panelas y el Alto los Cinco Grandes y la limita la Quebrada Alumbre, También se encuentra en la Vereda Mortiñal haciendo parte de la cuchilla Mortiñal, Loma el Volador, Alto el Arenal y Alto el Mode Llegando hasta el sitio conocido como el Hato, también es evidente al norte del municipio a lo largo de la Cuchilla Santa Bárbara en Dirección predominante Nor – Este. Desde el sector conocido como San Jorge pasando por el Perpetuo Socorro, Barrío el Oasis, la Ladrillera los Alpes, Sector conocido como las Maldivas y Pantanitos esta geoforma está limitada por la ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc) y ha sido muy intervenida antrópicamente para labores de explotación minera, la unidad se ha desarrollado sobre rocas del cretáceo y del paleógeno. Esta geoforma se caracteriza por estar generalmente denudada, definida por estratos inclinados en favor de la pendiente del terreno, conformando una artesa. Generalmente es de longitud corta, con forma cóncava y pendientes inclinadas. Se ha

generado producto de procesos de erosión sobre la alternancia de rocas blandas a intermedias, así como la tectónica que la relaciona al flanco de una estructura sinclinal.

TABLA 45. Extensión Geoforma de origen estructural

Ambiente	Cod	Unidad	Área Ha	Distribución
Estructural	Dct	Cono de talus	10,02	0,3%
	Dld	Loma denudada	309,20	8,6%
	Slfe	Escarpe de línea de falla	37,88	1,0%
	Ssalc	Ladera de contrapendiente sierra anticlinal	385,23	10,7%
	Ssale	Ladera estructural de sierra anticlinal	62,67	1,7%
	Ssan	Sierra anticlina	1180,64	32,7%
	Sshlc	Ladera de contrapendiente sierra homoclinal	209,04	5,8%
	Sshle	Ladera estructural de sierra homoclinal	23,38	0,6%
	Sss	Sierra sinclinal	882,92	24,4%
	Ssslc	Ladera de contrapendiente sierra sinclinal	265,66	7,4%
	Sssle	Ladera estructural de sierra sinclinal	247,40	6,8%
Total general			3614,03	100,0%

Fuente: Autor

6.8 COBERTURAS VEGETALES

La cobertura vegetal es el conjunto de toda la biomasa, de todas las especies vegetales, la red hídrica y el uso del suelo, todo este conjunto físico biótico está definido en unidades jerárquicas que facilitan su identificación. Todas estas especies vegetales que cubren el territorio de la cuenca juegan un papel importante en la evolución ecosistémicas, están relacionadas a las características geográficas del paisaje y propician la proliferación de fauna.

Por otro lado, la cobertura vegetal está relacionada a la intensidad de erosión del régimen fluvial, la pérdida de las unidades vegetales en gran medida deja al desprovisto la capa principal del suelo ante la acción erosiva de la escorrentía superficial. Suscitando intensos fenómenos erosivos. Esta es una de las principales razones en la degradación del suelo.

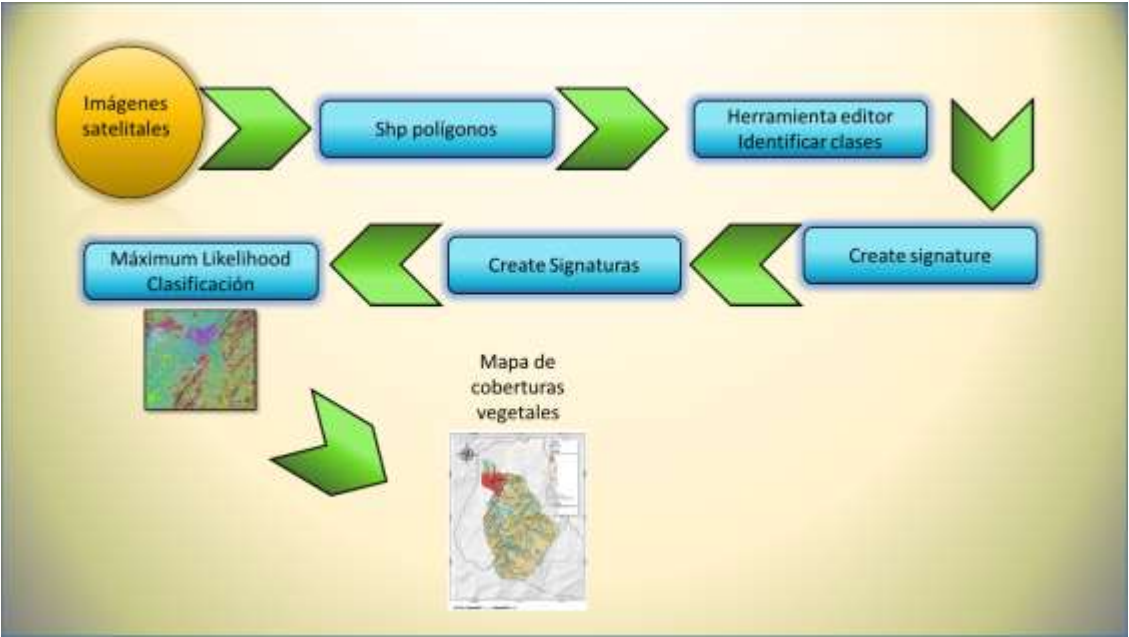
Producto de esto se generan zonas de tierras desnudas, zonas que pueden presentar o acarrear consecuencias negativas si están cercanas a asentamientos urbanos o estructuras específicas.

La importancia de la cobertura vegetal no solo comprende la superficie, también se extiende al medio atmosférico, pues es una de las fuentes más importantes de oxígeno, adicionalmente cumple un papel protector sobre el margen de algunas corrientes hídricas. Adicionalmente esta unidad cobija una gran importancia dentro de la cuenca debido a su función ambiental, ya que esta alberga un corredor natural de fauna y flora, sumado a esto los bosques poseen la capacidad de conservación del cauce hídrico y filtro del medio adyacente.

Para este minucioso análisis, se definieron las unidades y se describieron con base en la metodología CORINE LAND COVER leyenda nacional de coberturas vegetales para Colombia. Su especialización y mapeo se realizó a través de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG)

Es por estas razones y su importancia ecológica que se hizo necesario realizar la caracterización cualitativa y cuantitativa de las especies vegetales sobre el territorio municipal. A fin de contar con un catálogo geoespacial de todas las unidades y sus áreas respectivas.

FIGURA 61. Modelamiento para obtener el mapa de coberturas vegetales



Fuente: Autor

6.8.1 TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS

Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, 2010).

Dentro de esta clasificación para el presente estudio se tienen en cuenta dos categorías, que son zonas urbanizadas y zonas industriales o comerciales y redes de comunicación, a continuación se hace una breve descripción de las unidades de coberturas de la tierra asociando a la localización dentro del municipio de Sogamoso.

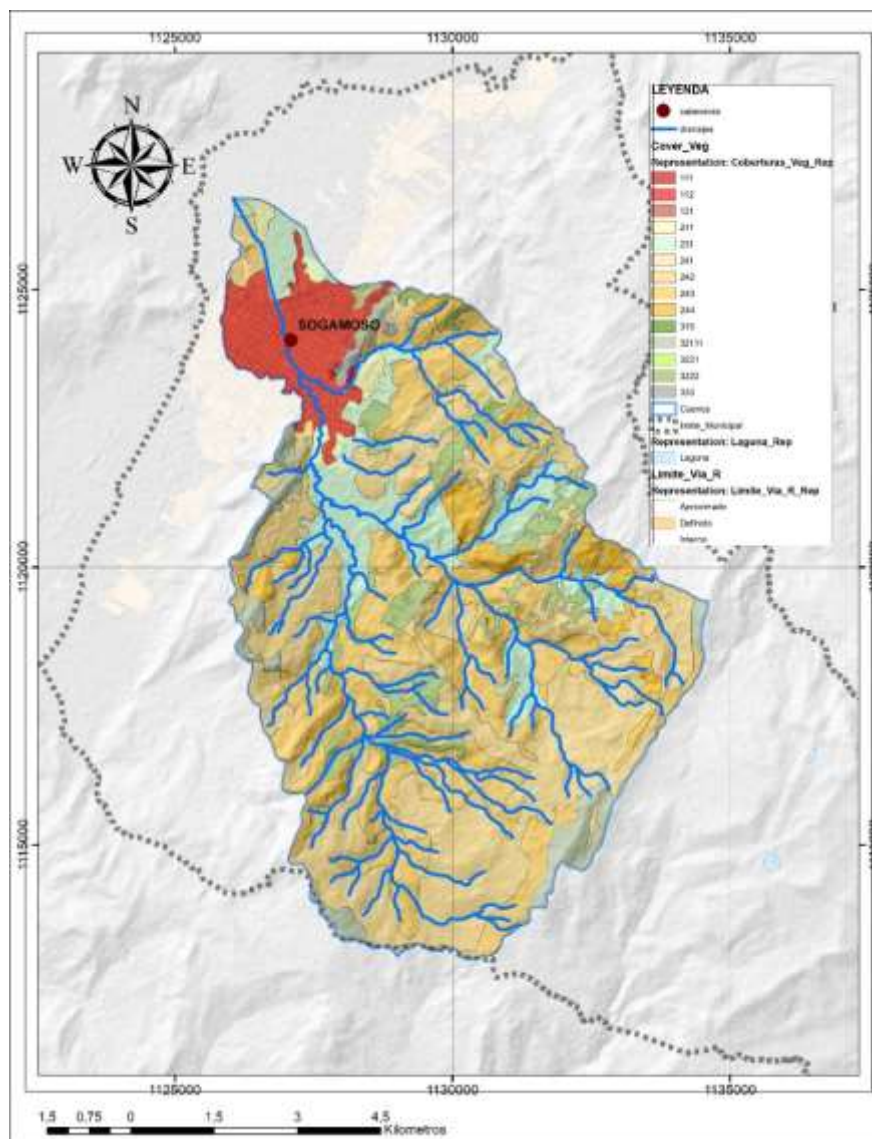
TABLA 46. Unidades de cobertura vegetal

UNIDAD	CODE	Área Ha	Distribución
Tejido Urbano Continuo	111	507,45	7%
Otros Cultivos Transitorios	211	61,54	1%
Pastos Limpios	231	899,79	12%
Mosaico de pastos y cultivos.	242	2713,80	38%
Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales.	243	1896,21	26%
Mosaico de pastos con espacios naturales.	244	317,67	4%
Tierras denudadas y degradadas.	333	35,44	0%

Arbustal abierto.	3222	507,27	7%
Herbasal denso de tierra firme	32111	272,95	4%
Total general		7212,12	100%

Fuente: Autor

FIGURA 62. Mapa de cobertura vegetal



Fuente: Autor

6.8.1.1 Zonas Urbanizadas

Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano (IDEAM, 2010)

Esta categoría incluye dos unidades que se han tomado para el área urbana de Sogamoso.

Tejido Urbano Continúo

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada las cuales cubren más del 80% de la superficie del municipio. La vegetación y suelo desnudo no tienen relevancia en esta unidad. Algunos de los principales componentes son los centros de aglomeraciones y centros históricos, parqueaderos y áreas cubiertas por asfalto o cemento, áreas deportivas, áreas verdes urbanas, edificaciones de servicios públicos, casa individuales y de jardín. Dentro de esta unidad se descartan las áreas deportivas, zonas peatonales, cementeríos, escombreras, vertederos, las instalaciones de servicios públicos, en las que sus infraestructuras presentan un tamaño superior a 5 ha y redes de carreteras con ancho de la vía superior a 50 m. (IDEAM, 2010)

FIGURA 63. Zonas Urbanizadas



Fuente: Autor

6.8.2 Territorios Agrícolas

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes,

transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas, en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas (IDEAM, 2010)

Las unidades que se tienen en cuenta para el municipio de Sogamoso que pertenecen a esta clasificación, han sido tomadas de tres categorías, de las cuales prevalecen las áreas agrícolas heterogéneas donde se categorizan mosaicos de pastos y cultivos y espacios naturales, y las categorías de cultivos transitorios y pastos limpios.

6.8.2.1 Cultivos transitorios

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas y algunas especies de flores a cielo abierto. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo (IDEAM, 2010)

Para esta categoría solo se tiene en cuenta una unidad de cobertura.

Otros Cultivos Transitorios (2.1.1)

Áreas ocupadas por cultivos transitorios sin incluir en los grupos de cereales, oleaginosos, leguminosos, tubérculos y hortalizas. Cultivos anuales como fresa, tabaco, cultivos transitorios que cubren más del 75% del área de la unidad y viveros. Incluye también las zonas que se dejan de cultivar por cierto ciclo vegetativo para que la tierra pueda recuperar su capacidad de almacenar humedad y materia orgánica, con un área mayor o igual a 25 ha y menos de tres años de descanso. Los jardines urbanos, barbechos con área menor de 25 ha y vegetación secundaria de más de tres años no se tienen en cuenta en esta unidad (IDEAM, 2010)

FIGURA 64. Cultivos transitorios unidad 2.1.1



Fuente: Autor

6.8.3 Pastos

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace (IDEAM, 2010)

Al igual que en la categoría de cultivos transitorios, en esta solo se toma una unidad de cobertura para el área de estudio.

6.8.3.1 Pastos Limpios (2.3.1)

Se conoce a esta unidad por áreas en las que el porcentaje de cubrimiento es mayor al 70% por pastos limpios donde se realizan actividades de manejo como fertilización y limpieza y en los que debido al nivel tecnológico impide el desarrollo de dicha cobertura. En Colombia particularmente los pastos limpios están asociados con una amplia variedad de relieves y climas, el desarrollo está condicionado a las prácticas de manejo.

Los cuerpos de agua asociados (jagüeyes), zonas sujetas a inundaciones temporales con área menor a 25 ha, hacen parte de esta unidad.

Pastos con presencia esporádica a ocasional de arbustales o de áreas de cultivos con cubrimiento menor a 30% del área de pastos. Infraestructuras asociadas con los pastos manejados (viviendas rurales, cercas vivas, setos). Coberturas de pastos ubicadas en zonas inundables, que durante el período de estiaje (niveles bajos del agua) de los ríos y las ciénagas permiten el uso para pasturas, con un nivel mínimo de manejo (IDEAM, 2010)

Siendo el caso de la cuenca del Río Monquirá esta unidad tiene un área de 899.79 Ha equivalente al 12% del área total de la cuenca, se extiende sobre territorio sub urbano, específicamente en el sector bajo de las Veredas Monquirá, Primera y Segunda Chorrera, Parte media de las Veredas Mortiñal y Pilar y Ceibita, esta unidad facilita prácticas de manejo agrícola, de media a gran intensidad al estar circundadas por mosaicos de pastos y cultivos, proporciona un puente en la extensión de esta unidad con potencial de conflicto con unidades aledañas como espacios naturales en la vereda las Cañas, el área que rodea la laguna de Siscunsi, aproximadamente un 45% de la cobertura de esta vereda pertenece a esta unidad. En el área circundante de la escuela Siatame, cerca del canal del Norte en la vereda La Manga, próximo al sector denominado el Cerrito en el sitio El Playón. Se estima que más del 40% de la cobertura de la vereda Vanegas es de pastos limpios.

6.8.4 Áreas Agrícolas Heterogéneas

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su Separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra (IDEAM, 2010)

Esta categoría se subdivide en cinco unidades, de las cuales cuatro están dentro de la clasificación de coberturas para el presente estudio.

6.8.4.1 Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2)

Áreas ocupadas por pastos y cultivos donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño e intrincado para ser representado individualmente. Algunas de las características más relevantes de esta unidad son la mezcla de parcelas de pastos y cultivos con un patrón espacial intrincado con área mayor a 25 ha. Mezcla de parcelas de pastos y cultivos, donde ninguno de los cultivos representa más de 70% del área total del mosaico. Infraestructuras asociadas con los mosaicos de pastos y cultivos (viviendas rurales, setos, vías) con área menor a 5 ha. Mezcla de pastos y árboles frutales (IDEAM, 2010)

Este tipo de cobertura abarca aproximadamente el 38% del total del área, se puede afirmar que en todas las veredas y algunos sectores de la zona urbana como el sitio denominado el Cerrito, se

presenta esta unidad de cobertura, en la Independencia, El Papayo, Callejuelas, Pedregal, se presentan superficies cuyas características cumplen con las anteriormente mencionadas cumpliendo como cobertura de pastos y cultivos.

6.8.4.2 Mosaico de pastos y cultivos y espacios naturales (2.4.3)

Comprende áreas ocupadas por cultivos y pastos con combinación de espacios naturales, donde el patrón no puede ser representado individualmente. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparíos, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural. Incluye parcelas agrícolas de cultivos anuales o transitorios, zonas pantanosas, pequeños cuerpos de agua naturales, relictos de bosques, bosques de galería o riparíos y arbustales, parcelas de cultivos confinados y frutales, todo lo anterior con área menor a 25 ha. Infraestructuras asociadas con los pastos manejados (viviendas rurales, setos, vías) (IDEAM, 2010)

Este tipo de cobertura se puede encontrar en el área cercana a Santa Barbara , esto en lo que refiere a la parte urbana. En la vereda Pilar Y Ceibita en los sitios denominados el Hatillo y Loma Redonda. En la ronda de la Qda. El Vino, en la vereda Segunda Chorrera es evidente la mezcla de parcelas de pastos y cultivos con intercalaciones de espacios naturales. En la Vda. Primera Chorrera en la Loma las Panelas,

En las Veredas Monquirá, Mortiñal Bajo, Villita y mal paso, Vanegas, Las Cañas no se presenta este tipo de cobertura.

6.8.4.3 Mosaico de pastos con espacios naturales (2.4.4)

Se constituye por coberturas de pastos en combinación de espacios naturales (bosques, naturales, arbustales y pantanos), donde el patrón no puede ser representado individualmente. Las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparío, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural (IDEAM, 2010)

En las Veredas San José, La Ramada, Morcá y Ombachita es donde se presenta mayor área de esta cobertura, en la ronda de las quebradas Las Torres y Honda. Dentro del municipio hay zonas en las que esta unidad no se identifica como en las Veredas Mortiñal Alto, Segunda Chorrera y Pedregal. En las restantes se muestra en menor área.

6.8.5 Bosques y áreas seminaturales

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición (IDEAM, 2010)

Para el presente estudio han sido identificadas tres categorías la primera es Bosques en la que se enfatiza en plantaciones forestales, áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva es la segunda categoría, dentro de esta se han retomado tres unidades, herbazal denso de tierra firme, arbustal denso y arbustal abierto. Como último tipo de cobertura está tierras desnudas y degradadas que hace parte de las áreas abiertas sin o con poca vegetación.

6.8.5.1 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica. Para la leyenda de CORINE LAND COVER adaptada para Colombia, en esta clase se incluyen otros tipos de cobertura tales como las áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva con dosel irregular y presencia de arbustos, palmas, enredaderas y vegetación de bajo porte (IDEAM, 2010)

Herbazal denso de tierra firme (3.2.1.1.1)

Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso, el cual se desarrolla en áreas que no están sujetas a períodos de inundaciones, las cuales pueden presentar o no elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos. (IDEAM, 2010)

Se encuentra en el alto Monquirá de la Vda. Pedregal y el sector El Roble de la Vda. Primera Chorrera. En las Veredas Mortiñal alto, Las Cintas donde predomina dicha unidad.

FIGURA 65. Herbazal denso de tierra firme (3.2.1.1.1)



Fuente: Autor

Arbustal abierto (3.2.2.2)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo y cuya cubierta representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. (IDEAM, 2010)

En las Veredas Pantanitos, La Ramada, San José, Morcá en el sector Maroma, Ombachita, es donde predomina este tipo de cobertura. En el sitio denominado El Hato de la Vda. Mortiñal bajo, en la ronda de la Qda. El Hatillo de la Vda. Pilar y Ceibita, en la parte Noroccidental de la Vda. Pedregal se encuentran pequeñas secciones de esta unidad.

FIGURA 66. Arbustal abierto (3.2.2.2)



Fuente: Autor

6.8.5.2 Áreas Abiertas, sin o con Poca Vegetación

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve (IDEAM, 2010)

Tierras desnudas y degradadas es la unidad que hace parte de esta categoría, que prevalece en el municipio.

Tierras desnudas y degradadas (3.3.3)

Corresponde a superficies con escasa cobertura vegetal o en completa ausencia debido a procesos tanto naturales como antrópicos de erosión, degradación extrema, condiciones climáticas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas. Se tienen en cuenta las áreas de rocas, cantos rodados o cascajo en laderas empinadas en las cuales se presenta una cobertura vegetal escasa que representa menos de 30% de la superficie (IDEAM, 2010)

Este tipo de cobertura es relevante en algunos de los sectores de la Vda. Villita y mal paso en la que se encuentra gran parte de la explotación de Arena por esto la superficie se encuentra desprovista de cobertura vegetal, y en la Vda. Ombachita en el sitio denominado Cuchilla Santa Bárbara debido a la extracción de carbón y demás intervenciones antrópicas.

7 GESTION DEL RIESGO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MONQUIRÁ

La incorporación del componente de riesgo en la planificación territorial y ambiental desempeña un papel importante en la identificación de escenarios que contribuyen a la degradación de los recursos naturales. Escenarios de riesgo que afectan de una u otra manera las condiciones físico-Bióticas de la cuenca así mismo condicionan la magnitud de eventos climatológicos extremos. Incorporar el riesgo en la ordenación de cuencas hidrográficas posibilita la ocupación idónea del territorio, la estructuración de medidas de contención, administración y manejos de los recursos.

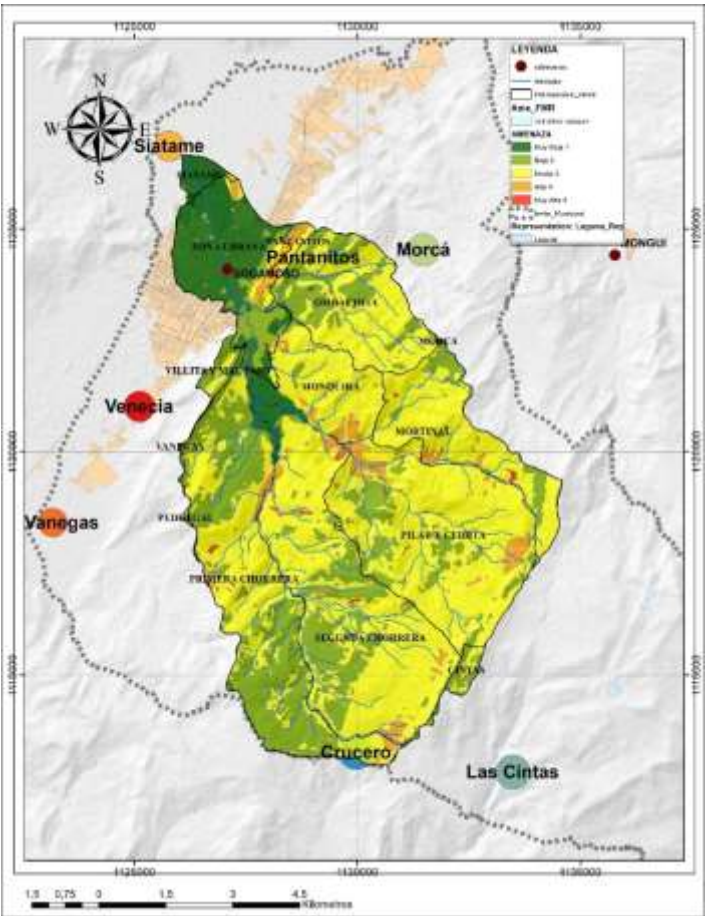
Para la cuenca del río Monquirá es imprescindible recalcar su particularidad territorial puesto que esta cuenca es de tipo urbana, integrando aspectos tanto urbanos como rurales en expansión, es por esto que Inicialmente y de manera preliminar la gestión del riesgo de la cuenca del río Monquirá incorpora el análisis de tres eventos amenazantes como los fenómenos de remoción en masa, las avenidas torrenciales, y las inundaciones enfocados a la identificación de zonas vulnerables y su priorización en relación a la proximidad con centros urbanos o semi urbanos.

Cabe señal que en esta sección se analizara de manera puntual los eventos de amenaza contenidos sobre el territorio de la cuenca que puedan afectar o vulnerar los aspectos físico- bióticos y de recurso hídrico. Como punto de partida estos eventos y su valoración se han determinado previamente y de manera general en el estudio de amenazas del municipio de Sogamoso

7.1 AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

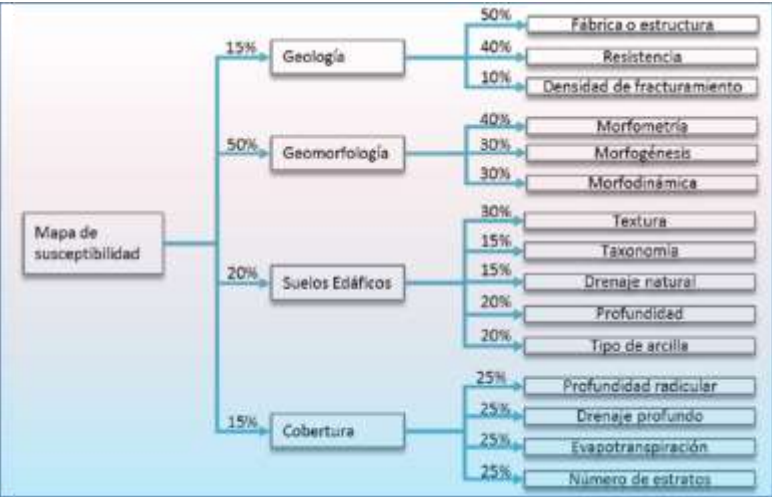
Para la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa se analizan variables de tipo físico biótico anteriormente caracterizadas como la geología, geomorfología, cobertura vegetal, pendientes. Variables que influyen directamente en la perspectiva y ocurrencia de deslizamientos.

FIGURA 67. Mapa de Amenazas por fenómenos de remoción en masa Cuenca Río Monquirá



Fuente: Autor

FIGURA 68. Niveles y pesos para la zonificación por FRM



Fuente: (POT Sogamoso, 2013)

Los principales niveles de amenaza registrados en la cuenca del río Monquirá corresponden a amenaza muy baja, baja, media y alta.

De manera general en orden de priorización la cuenca del Río Monquirá cuenta con una amenaza muy alta sobre las veredas Mortiñal costado sur oriental, vereda Segunda Chorrera costado norte sobre el cauce del Río Monquirá, vereda Primera Chorrera costado sur este en total la amenaza muy alta ocupa el 0.35% equivalente a 25.28 Ha.

Así mismo la amenaza alta se registra en mayor proporción al centro de la cuenca sobre la vereda Pilar y Ceibita con un área de afectación del 77.66 Ha equivalente al 1% del área total de la vereda.

En límites con la vereda Monquirá se encuentra la mayor zona afectada más exactamente al margen del cauce del río Monquirá, esta zona afecta directamente el cauce del río por la presencia de deslizamientos aportando material directamente a este. Al mismo tiempo el cauce del río Chorreano se ve afectado a la altura del sector el papayo por la presencia de algunas reptaciones y flujos. Posteriormente cerca al casco urbano sobre los cerros orientales que dividen el área rural de la urbana se presenta un área de 43.30 Ha. Esta área resalta especial importancia ya que puede afectar algunos equipamientos de carácter religioso como congregaciones dominicas hasta algunos caseríos como santa Bárbara, esta zona denota vulnerabilidad tanto intrínseca por el tipo de roca y suelo, a afectación antrópica por subsidencia producto de actividad minera.

En cuanto a la amenaza media esta registra una extensión total 4508.37 Ha equivalente al 62.52% del territorio de la cuenca, lo cual denota que la mayoría de esta se encuentra en amenaza relativa media, principalmente se puede observar en mayor expresión al costado oriental de la cuenca.

Por otra parte en menor valor las áreas de amenaza baja cubren una extensión de 1749.30 Ha esto es el 24.26% del total de la cuenca, se encuentra estas áreas en la veredas Primera y Segunda Chorrera en cercanías al sector crucero, así mismo en las veredas Monquirá, Villita y Mal Paso, Vanegas, Casco Urbano y parte de Pantanitos.

Finalmente y de acuerdo a la metodología utilizada en la zonificación, la amenaza muy baja la registra la mayor concentración sobre el casco urbano y parte de la vereda Monquirá sumando un área total de influencia de 675.41 Ha el 9.37% de la cuenca. Esto en concordancia a las características del relieve, bajas pendientes, cabe señalar que esta zona constituye el vínculo geográfico y el puente de transición entre la parte urbana y el suelo rural; extensión bajo la cual actualmente se llevan a cabo procesos de expansión del suelo urbano y donde más influencia tienen las actividades antrópicas con el medio físico.

7.1.1 Zonas de interés en condición de amenaza alta por fenómenos de remoción en masa

De acuerdo al objetivo primordial de la gestión del riesgo e incorporación en los POMCA se pretende analizar e identificar las condiciones actuales de este componente sobre la cuenca y su influencia directa sobre los elementos físico- bióticos y de recursos naturales a fin de considerar futuras implicaciones. Para este fin se analizara las zonas de mayor relevancia en cuanto al nivel de amenaza y su relación con las características intrínsecas de los componentes descritos en la

caracterización, enfocándose en su aporte a la ocurrencia de eventos amenazantes y su grado de vulnerabilidad frente a estos.

FIGURA 69. Nivel de Amenaza por FRM en la Cuenca del Río Monquirá



Fuente: Autor

De lo anteriormente expuesto las áreas de mayor relevancia en la ocurrencia de Fenómenos De Remoción En Masa corresponde a las encontradas al margen del río Monquirá, siguiendo la metodología utilizada en la zonificación y en concordancia con lo registrado en campo para esta temática se evidencia que para las características físicas de las rocas, su resistencia y génesis presentan alto grado de susceptibilidad, predominan rocas blandas de tipo arcilloso, Limolíticas, intercalaciones de areniscas y arcillolitas y algunos depósitos coluviales de baja cementación que han sido afectadas por tectonismo intenso bajo el anticlinal de Pilar y Seibita análogamente el ambiente geomorfológico de tipo estructural denotan alta influencia en la generación de fenómenos de remoción en masa, contribuyendo a la deformación de las rocas.

Esta zona bordea un tramo aproximadamente de 1.5 km sobre el cauce del río donde se encontraron algunos deslizamientos que depositan directamente al cauce como se observa a continuación

FIGURA 70. Flujo de lodos sector Alto el Volador



Fuente: Autor

FIGURA 71. Reptación de suelos sector cuchilla Mortiñal



Fuente: Autor

FIGURA 72. Deslizamiento traslacional



Fuente Autor

Estos puntos críticos responden a eventos activos que afectan no solo la esorrentía y su obstrucción al canal con pérdida de la calidad del agua, si no que de igual modo contribuyen a la degradación del suelo y desgaste de la cobertura vegetal, la cual tiene predominancia en pastos cultivos y espacios naturales para esta zona.

FIGURA 73. Obstrucción del canal por pérdida de material vegetal



Fuente: Autor

Esta degradación afecta el patrimonio ambiental de la cuenca con posibles daños colaterales sobre la biodiversidad, dentro de este mismo punto se hace evidente la presencia de marcas de tracción sobre la ladera e indicios de reptaciones.

La congruencia de elementos geológicos asociados a rocas susceptibles de meteorización y alteración, como elementos geomorfológicos en conjunto con el relieve y la presencia de coberturas vegetales que faciliten la infiltración y alteración del subsuelo, constituyen un escenario potencial a deslizamientos.

Así mismo ocurre para el sector santa Bárbara, Santa Teresa cerros orientales. En esta zona el principal detonante y causa es la actividad minera, sobre esta zona recaen factores tanto naturales como antrópicos, puesto que la poca vegetación asociada a la actividad extractiva conlleva a la pérdida de estabilidad del sub suelo.

7.1.2 Elementos Expuestos

En concreto en este punto los elementos expuestos fueron determinados a partir de la cartografía base de la cuenca y su ubicación espacial sobre áreas en condición de amenaza, esta es una aproximación del estado espacial de estos elementos en torno al grado de amenaza frente a movimientos en masa, para ello se utilizó herramientas de geo procesamiento del software ARCGIS, de lo cual se obtuvieron las siguientes estadísticas.

TABLA 47. Porcentaje de elementos expuestos

Valor	Amenaza	Tota de elementos expuestos	Distribución %
1	Muy baja	628	17,12%
2	Baja	1047	28,54%
3	Media	1830	49,89%
4	Alta	157	4,28%
5	Muy alta	6	0,16%
Total general		3668	100,00%

Fuente: Autor

Los elementos expuestos considerados para efectos de gestión del riesgo corresponden a infraestructura tanto de tipo social, económico, industrial e para el análisis de vulnerabilidad en cuanto a edificaciones se presenta la siguiente tabla con la categorización del uso y componentes de las mismas. En base a las estadísticas de análisis de infraestructura afectada que en su mayoría son construcciones residenciales, escuelas o colegios.

TABLA 48. Elementos expuestos por FRM en la cuenca del río Monquirá

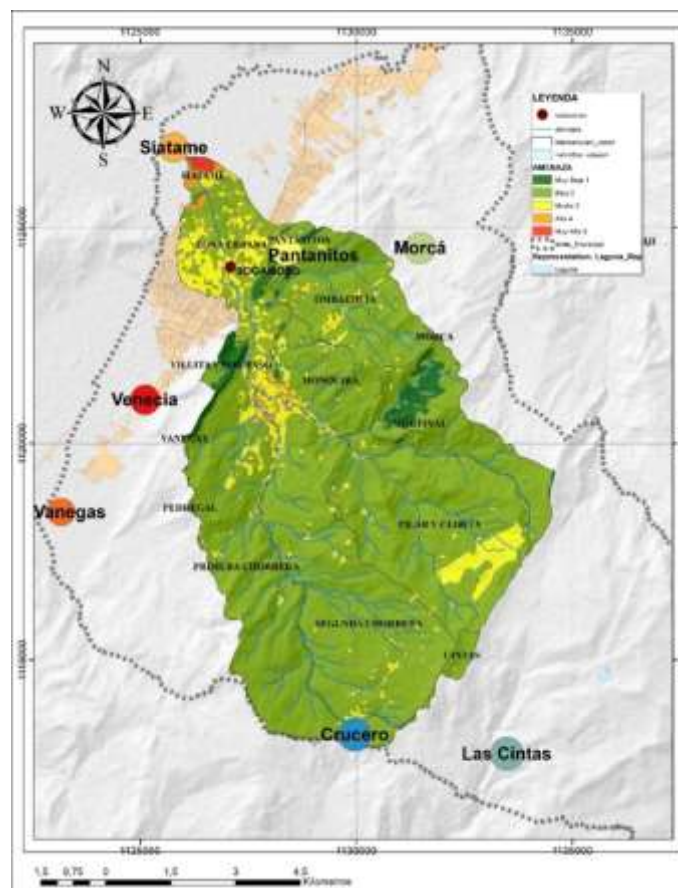
Vereda	Infraestructura	Amenaza media	Amenaza alta	Amenaza muy alta	Total general
CINTAS	Construcciones- Residenciales	1			1
MONQUIRA	Construcciones- Residenciales	218	18		236
	Tanque	2			2
MORTINAL	Construcciones- Residenciales	160	6	2	168
OMBACHITA	Construcciones- Residenciales	165	2	1	168
PANTANITOS	Construcciones- Residenciales	3	38		41
	Iglesia		1		1
PEDREGAL	Construcciones- Residenciales	7	3		10
PILAR Y CEIBITA	Construcciones- Residenciales	340	30		370
	Cementerío, Parque Cementerio	1			1
PRIMERA CHORRERA	Construcciones- Residenciales	475	21	2	498
	Cementerío, Parque Cementerio	1			1
	Establecimiento Educativo	2			2
	Industria	2			2
	Sitio de Interés	1			1
SEGUNDA CHORRERA	Construcciones- Residenciales	389	30	1	420
	Cementerío, Parque Cementerio	1			1
	Establecimiento Educativo	1			1
	Monumento	1			1
SIATAME	Construcciones- Residenciales	4			4
VILLITA Y MAL PASO	Construcciones- Residenciales	3			3
ZONA URBANA	Construcciones- Residenciales	53	4		57
	Establecimiento Educativo		3		3
	Iglesia		1		1
Total general		1830	157	6	1993

Fuente: Autor

7.2 AMENAZA POR INUNDACIONES

Las inundaciones constituyen otro de los fenómenos naturales que afectan la integridad no solo ambiental sino social de la cuenca, este fenómeno de tipo hidrológico que en general no reportan considerables vidas humanas en el caso de inundaciones lentas, por otro lado las dinámicas o crecidas súbitas presentan mayor poder destructivo y afectación a vidas humanas. (IDEAM, s.f.) Este tipo de inundaciones se ven de manera recurrente a lo largo de un período, es bien importante ratificar que estos fenómenos en gran medida se encuentran limitados y controlados por características particulares del terreno es por esto que en la zonificación por inundaciones se analizan variables de implicación directa como la geomorfología, la cual indica o permite identificar preliminarmente las zonas del terreno más propensas a suscitar inundaciones, así mismo estas zonas representa un precedente histórico en el entendimiento de los procesos que allí se vienen dando, así como de su posible magnitud. Sumado a esto el factor hidrometeorológico sustenta las zonas de variabilidad pluviométrica a fin de relacionar estos dos parámetros, en cuanto al casco urbano ubicado la mayoría sobre zonas planas se empleó datos recolectados de encuestas (INGEOGIS, 2015, pág. 307). De esta forma se presenta la distribución espacial general de la amenaza por inundación sobre la cuenca.

FIGURA 74. Mapa de Amenaza por Inundación para la Cuenca del río Monquirá



Fuente: Autor

FIGURA 75. Modelamiento para la obtención del mapa de Inundación



Fuente: Autor

Partiendo de esta figura y en general se puede observar que las zonas de relevancia en cuanto a amenaza alta a muy alta se encuentran al costado norte de la cuenca sector Siatame. En este sector se encuentra un área de 64.51Ha en condición de amenaza alta esto corresponde al 0.89% del total del área de la cuenca. Sobre este mismo sector en unión con el Río Chiquito, se registra una zona de aproximadamente 15.99Ha que corresponden al 0.22% del área total de la cuenca, la cual está catalogada en nivel de amenaza alta, caracterizada por la presencia de coberturas de tipo pastizal y cultivos transitorios, de pendientes bajas y suelos arcillosos de origen fluviolacustre.

Aun así gran parte del territorio de la cuenca comprende una amenaza relativa de nivel bajo con 6114.18Ha equivalente al 84.78%, así como para amenaza muy baja con una extensión de 234.75 Ha y un porcentaje del 3.26%. Para el caso del sector urbano que reside sobre la cuenca más de la mitad de este se encuentra dentro de esta calificación con un área de 392.78 Ha lo que corresponde al 57.40%

7.2.1 Áreas Urbanas en condición de amenaza alta y media por inundación

De manera general las zonas de mayor relevancia para la parte rural y que podrían causar inundaciones luego de esta zona critica están ubicadas en mediaciones de las veredas Monquirá, Primera y Segunda Chorrera , Villita y mal paso, y Pilar y Seibita las cuales suman el 5% del total de la amenaza modera.

FIGURA 76. Áreas rurales en condición de amenaza alta y media por inundación



Fuente: Autor

De manera general las zonas de mayor relevancia para la parte rural y que podrían causar inundaciones luego de esta zona crítica están ubicadas en mediaciones de las veredas Monquirá, Primera y Segunda Chorrera, Villita y mal paso, y Pilar y Seibita las cuales suman el 5% del total de la amenaza moderada.

FIGURA 77. Áreas rurales en condición de amenaza alta y media por inundación



Fuente: Autor

7.2.2 Zonas de interés en condición de amenaza alta por inundación

Partiendo de la caracterización biofísica de la cuenca y en relación a la metodología empleada en la zonificación el objetivo de incorporación de la gestión yace sobre la identificación de zonas para generación de escenarios de priorización.

Para la fase de diagnóstico la identificación preliminar de algunos elementos expuestos y su vulnerabilidad frente a estos eventos corresponden a calificar cualitativamente la exposición frente

a eventos amenazantes. Por ende en primera medida las áreas a evaluar son aquellas que están compuestas por la congruencia de uno o varios componentes que en la fase de caracterización de la cuenca mostraron mayor susceptibilidad intrínseca. En el caso de las zonas de amenaza por inundación se resalta la geomorfología como factor principal de influencia, puesto que los aspectos geomorfológicos condicionan o limitan las áreas de concentración de precipitación, o acumulación de escorrentía. A estas áreas se les denomina zonas susceptibles, para el caso de la cuenca estas zonas están descritas por ciertas unidades geomorfológicas de ambiente fluvial, típica del valle y margen de los principales afluentes de la cuenca esta región presentan bajas pendientes suelos cohesivos finos de poca infiltración y algunas depresiones de acumulación. Esto en contraste con pendientes altas laderas inclinadas de la parte rural que facilitan la circulación de escorrentía.

FIGURA 78. Nivel de Amenaza por Inundaciones en la Cuenca del Río Monquirá

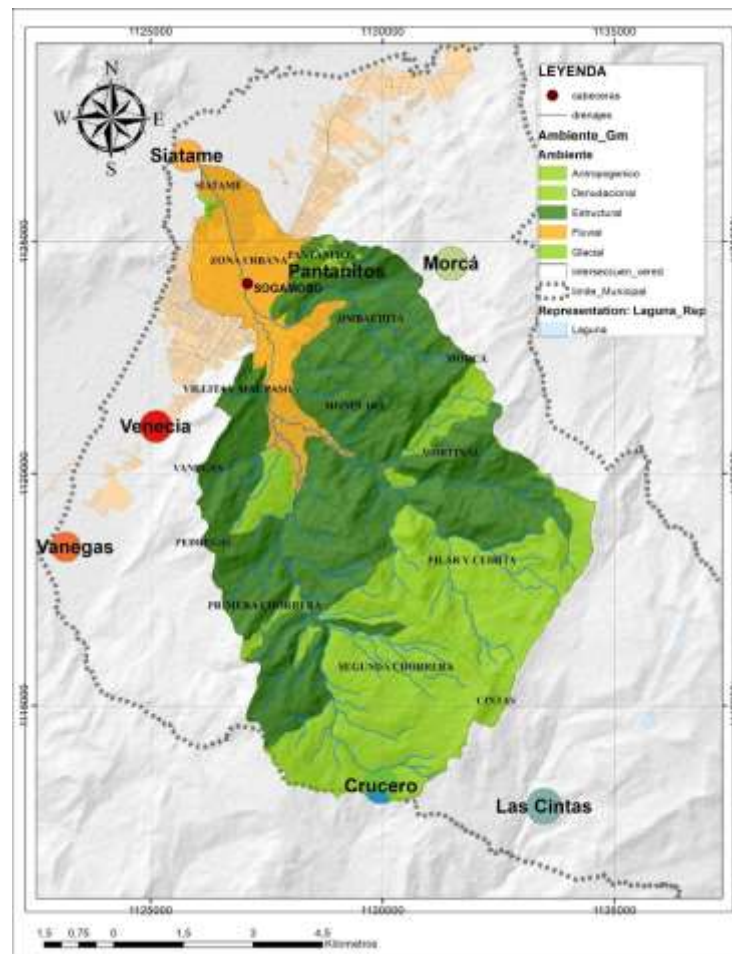


Fuente: Autor

Siguiendo este concepto la principal zona en condición de amenaza de media a alta se encuentra al norte de la cuenca, caracterizada por ser una antigua terraza de acumulación que posee pendientes bajas del orden del 3 % al 10% esta unidad correspondía a una antigua llanura de inundación que a lo largo del tiempo fue baculada por procesos tectónicos que generaron ondulaciones y depresiones sobre el terreno.

A continuación se muestra la distribución espacial de la unidad y su nivel de susceptibilidad respecto ambiente geomorfológico

FIGURA 79. Mapa de susceptibilidad respecto ambiente geomorfológico



Fuente: Autor

7.2.3 Elementos Expuestos

Los elementos expuestos evaluados se obtuvieron siguiendo la misma dinámica expuesta en el apartado de fenómenos de remoción en masa, pretendiendo dar una aproximación del estado espacial de estos elementos en torno al grado de amenaza frente a inundaciones para ello se utilizó herramientas de geo procesamiento del software ARCGIS, adicionalmente se evaluó el estado de obras hidráulicas de drenaje y su relación frente a inundaciones súbitas de sectores como la payita, vía el azufre, vereda Monquirá, costado sur oriental y centro del casco urbano entre otros.

TABLA 49. Elementos expuestos por Inundaciones en la cuenca del Río Monquirá

Veredas	Infraestructura	Amenaza media	Amenaza alta	Amenaza muy alta	Total general
MONQUIRA	Otras Construcciones_vivienda	339	108		447
OMBACHITA	Otras Construcciones_vivienda	111	12		123
PANTANITOS	Otras Construcciones_vivienda	3			3
PEDREGAL	Otras Construcciones_vivienda	12			12
PILAR Y CEIBITA	Otras Construcciones_vivienda	192			192
PRIMERA CHORRERA	Otras Construcciones_vivienda	477	52		529
SEGUNDA CHORRERA	Establecimiento Educativo	3			3
	Otras Construcciones_vivienda	396	164		560
	Sitio de Interés		4		4
SIATAME	Otras Construcciones_vivienda	48	160	145	353
ZONA URBANA	Cementerío, Parque Cementerio	6			6
	Establecimiento Educativo	51			51
	Iglesia	27			27
	Otras Construcciones_vivienda	144	16		160
	Salud	6			6
	Seguridad	3			3
	Sitio de Interés	48			48
Total general		1866	516	145	2527

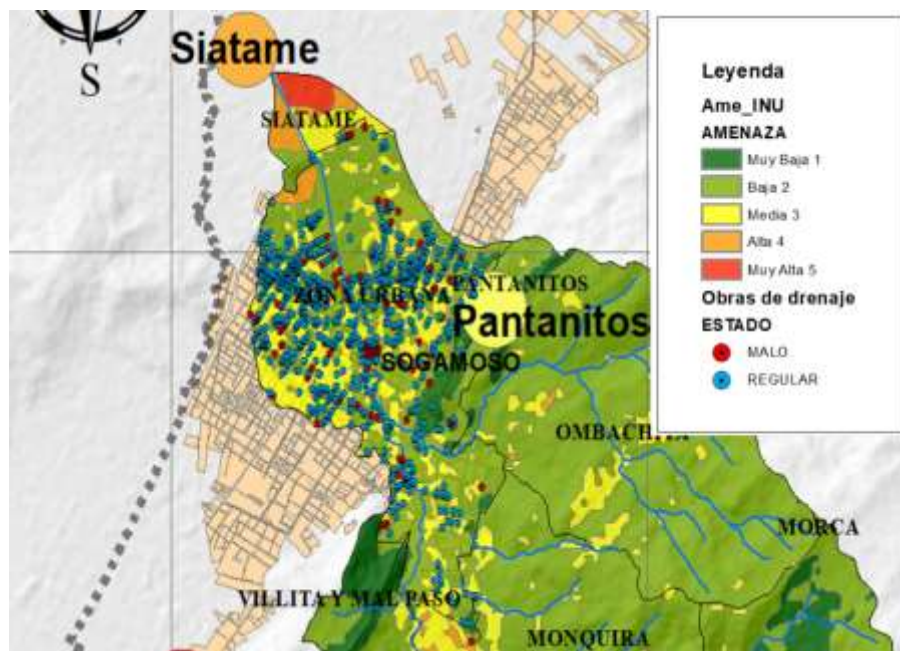
Fuente: Autor

De igual manera es importante destacar que dentro de las características geomorfológicas de la cuenca del río Monquirá, la terraza de acumulación donde se encuentra el casco urbano está separada del relieve montañoso por una franja de rocas arenosas y arcillosas friables que componen los cerros orientales, parte de estos cerros están disectados en “v”, estas laderas estructurales en su origen y procesos morfo dinámicos aportan sedimentos a los cauces, que a su vez se hace aún

más incipiente por la presencia de procesos erosivos. Todos estos sedimentos son dirigidos por corrientes intermitentes, quebradas en dirección al valle del municipio.

En períodos de altas precipitaciones los cauces de procedencia rural, las corrientes repentinas arrastran este material, junto con basuras generando colapso en la capacidad hidráulica de drenaje de los sumideros y alcantarillas de la ciudad, en algunas ocasiones las inundaciones en cascos urbanos son suscitados por el mal estado de estos elementos como recientemente se evidencio tras la época invernal. Para ilustrar este aspecto a continuación se muestra la distribución espacial de las obras de drenaje en mal, regular y pésimo estado y su relación con zonas de amenaza media a alta por inundación.

FIGURA 80. Distribución Espacial De Las Obras De Drenaje En Mal, Regular Y Pésimo Estado Y Su Relación Con Zonas De Amenaza Media A Alta Por Inundación.



Fuente: Autor

De los 1015 sumideros analizados el 51.5% están en estado regular a malo y se encuentran en zonas de amenaza moderada a alta donde se han registrado eventos históricos de inundación.

7.3 AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES

A pesar de que las avenidas torrenciales son eventos que no registran ocurrencia notable, presentan gran poder destructivo debido a convergencia de varios factores, entre ellos su naturaleza impredecible.

Dentro de las causas que pueden originar una avenida torrencial están las de orden climatológico como altas precipitaciones y las de orden físico, como pérdida de cobertura, degradación incisiva del subsuelo, deslizamientos y desprendimientos de material al margen de los ríos y altas pendientes. Del estudio hidrológico concerniente a la caracterización morfométrica de la cuenca se aborda como uno de los componentes principales del análisis que refiere e incide directamente sobre las avenidas torrenciales. Puesto que la forma de la cuenca determina la probabilidad inicial de originar eventos. Obtenido de los parámetros de forma, relieve y generales de la cuenca, con el uso de un análisis SIG se establecen cuatro aspectos para esta variable que correspondieron a: a) área de la cuenca, b) pendiente media de la cuenca, c) densidad de drenaje y d) coeficiente de compacidad. Estos parámetros permiten establecer comportamientos de la cuenca frente a la dinámica pluvial junto con elementos como la geomorfología, la geología y las coberturas vegetales conforman el marco analítico de la zonificación por avenidas torrenciales.

Para el caso de la cuenca del río Monquirá la zona de mayor relevancia para este fenómeno se localiza al costado sur oriental, donde se registran las mayores altitudes, rocas arcillosas e intercalaciones con arenas , principalmente comprende geoformas de origen Denudacional y coberturas de pito pastoril con algunos cultivos.

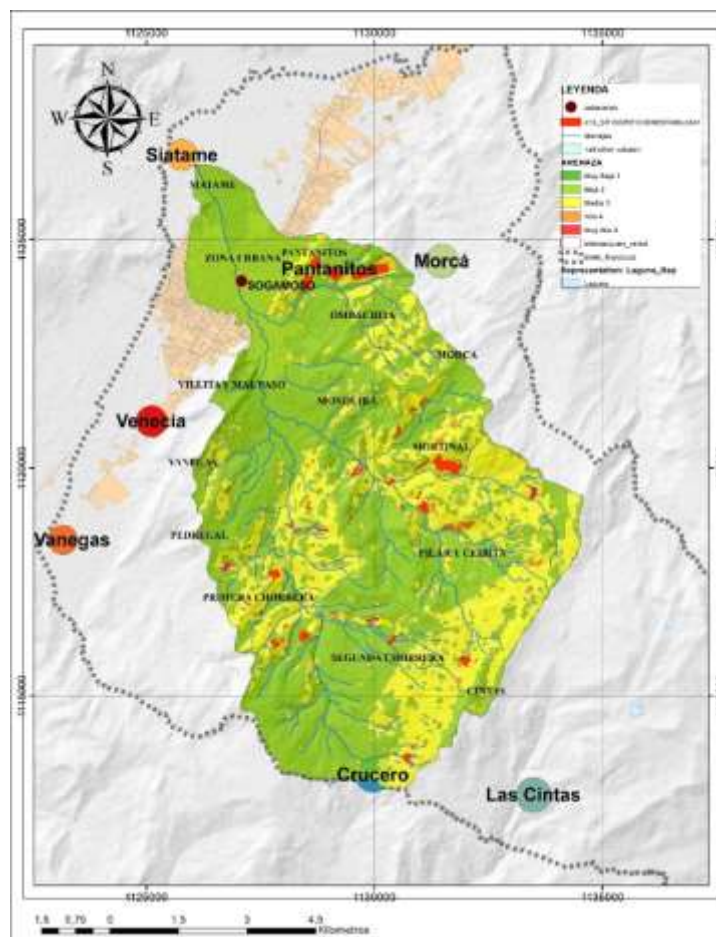
A continuación se muestra la distribución espacial del nivel de amenaza así como la identificación de sitios críticos de inestabilidad (resaltados en color rojo) registrados en campo adyacentes a drenajes.

FIGURA 81. Modelamiento para la obtención del mapa de zonificación por AVT



Fuente : Autor

FIGURA 82. Mapa de Amenaza por Avenidas Torrenciales



Fuente: Autor

Como se puede observar el 62.40% de la cuenca se encuentra en un nivel de amenaza baja, esto equivale a 4500.97 Ha donde el casco urbano yace completamente, en el mismo orden el nivel de amenaza subsiguiente esta dado para amenaza moderada con 36.63% y un área de 2642.35% este nivel se encuentra principalmente en las veredas Pilar y Ceibita, Primera y Segunda Chorrera, Mortiñal y en menor extensión morca y pantanitos. Para los niveles de amenaza alta y muy alta de la cuenca estos registran 0.61%, un área de 43.87Ha y el 0.36% con un área de 25.76Ha respectivamente las veredas de mayor afectación son Pedregal y Pilar y Ceibita.

7.3.1 Zonas de interés en condición de amenaza alta por Avenidas Torrenciales

Al igual que los otros fenómenos las avenidas torrenciales demarcan áreas específicas del territorio donde la probabilidad de ocurrencia es decir la amenaza adquiere un valor considerable o elevado. Si bien el casco urbano de la cuenca no representa amenaza en cuanto a este aspecto, se encuentra en contra posición al perímetro rural, la mayoría de la amenaza se encuentra en este territorio, al costado oriental. Esto se debe a varios factores, tanto físicos como hidrometeorológico de la cuenca y a sus propiedades intrínsecas que determinan su comportamiento frente a estos fenómenos. Para

el caso de las avenidas torrenciales el principal contribuyente en parámetros físicos está dado por la geomorfología. Los procesos denudativos que allí inciden en la integridad física de los suelos rurales, fomentan el desgaste de la masa rocosa y el saprolito expuesto, los cuales por acción lenta de los agentes geomorfológicos se van degradando y removiendo de su lugar.

FIGURA 83. Nivel de Amenaza por Avenidas Torrenciales en la Cuenca del Río Monquirá



Fuente: Autor

Las geoformas encontradas para esta zona son la evidencia de la transformación del relieve erosión y sedimentación de remanentes estructurales. Análogamente el parámetro morfométricos indica respuestas probables ante eventos hipotéticos. Factores como la longitud de flujo y la pendiente poseen relación de proporcionalidad frente a la magnitud de eventos, es decir a mayor longitud de flujo y gradiente de elevación, la energía potencial que luego se trasformara en energía cinética ante una AVT será de mayor, a una registrada en zonas de menor flujo y elevación.

Por otro lado la composición de las rocas aflorantes en la zona oriental de la cuenca en veredas las veredas Segunda y Primera Chorrera, Mortiñal y las cintas son de naturaleza arcillosa y limolíticas , en algunos sectores se presentan intercalaciones de estas con unidades arenosas. Intercalaciones que representan planos de debilidad estructural, adicionalmente la acumulación de agua capital entre estos planos constituyen superficies de deslizamiento.

Por ultimo frente al detonante precipitación este toma mayor relevancia de acuerdo al mapa de isoyetas sobre las veredas las cintas y las cañas en límites con el Complejo Bijagual de Paramos, este detonante en relación directamente proporcional a la ocurrencia de deslizamientos y AVT proporciona el medio de transporte del material, sin embargo pese a esto el sistema y la densidad de drenaje de la cuenca en ese sector actúa como impedante frente a este fenómeno.

7.3.2 Elementos Expuestos

TABLA 50. Elementos expuestos por Avenidas Torrenciales en la cuenca del río Monquirá

Veredas	Infraestructura	Amenaza media	Amenaza alta	Amenaza muy alta	Total general
CINTAS	Otras Construcciones_vivienda	1			1
MONQUIRA	Otras Construcciones_vivienda	15			15
MORTINAL	Otras Construcciones_vivienda	72		2	74
OMBACHITA	Otras Construcciones_vivienda	58	1	1	60
PANTANITOS	Iglesia	1			1
	Otras Construcciones_vivienda	37			37
PILAR Y CEIBITA	Otras Construcciones_vivienda	198	7		205
PRIMERA CHORRERA	Cementerio, Parque Cementerio	1			1
	Establecimiento Educativo	1			1
	Otras Construcciones_vivienda	205	1	2	208
SEGUNDA CHORRERA	Establecimiento Educativo	1			1
	Otras Construcciones_vivienda	232	5	1	238
ZONA URBANA	Establecimiento Educativo	2			2
	Iglesia	1			1
	Otras Construcciones_vivienda	5			5
Total general		830	14	6	850

Fuente: Autor

Del análisis de elementos expuestos se puede evidenciar que pese a las características físicas del territorio los elementos en nivel de amenaza alta y muy alta ocupan el 0.55% del total analizados estos elementos corresponden en su totalidad a infraestructura de vivienda, en cuanto a amenaza moderada 830 elementos corresponden a este nivel. De esta forma es importante establecer condiciones actuales de elementos vulnerables tanto de infraestructura, vidas humanas y recursos naturales por esto en evidencia efectuada en campo se pudo corroborar que estos flujos comúnmente se relacionan con lluvias ocasionales de índices pluviométricos excepcionales muy altos, deshielo de nevados o movimientos sísmicos en zonas de alta montaña, y la ausencia de vegetación, aunque es un factor influyente, no es un pre-requisito para que ocurran, no obstante cabe señalar que practicas intensivas de cultivos a márgenes variables altimétricamente promulgan la alteración de suelos y cobertura nativa aumentando los espacios pastoriles y zonas erodadas.

8 CONCLUSIONES

A partir del proceso de espacialización y delimitación de la cuenca del río Monquirá se pudo identificar los elementos político administrativo de orden municipal

Parte de esto permite establecer el grado de importancia tanto territorial como ambiental de la cuenca, ya que al constituir el 34.54% del área total del municipio y el 37% del área del casco urbano, esta unidad desempeña un papel fundamental en la vinculación y articulación de los mecanismos tanto de ordenación territorial como ambiental.

Así mismo de esta distribución administrativa se pudo establecer como zonas de influencia y el principal afluente hídrico que cruza el perímetro urbano funcionando de eje para regadío de sectores rurales, la cuenca del río Monquirá constituye el proveedor central de bienes y recursos del municipio. Por tal motivo se hace hincapié en la articulación de seis de las 14 unidades multiplicadoras identificadas sobre el territorio de la cuenca ya que están fueron creadas en función de la congruencia entre las necesidades sociales y el desarrollo sostenible.

En el procesamiento y articulación de la información geográfica y en apoyo a la necesidad de desarrollo sostenible se identifica como unidad ambiental y de conservación el complejo de paramo Tota-Bijagual-Mamapacha el cual cubre un área de 2661,68 Ha equivalente al 36% de la cuenca. Siendo esta unidad fuente contenedora del sistema biótico y riqueza de la cuenca

Dentro del desarrollo de la caracterización biofísica de la cuenca del río Monquirá, se logró identificar definir y especializar los componentes físico biótico de principal relevancia ambiental como indicadores del estado y seguimiento de los procesos dinámicos del medio ambiente que allí suceden. Como punto de partida para establecer relaciones de dependencia e interdependencia del medio físico con el medio biótico y su implicación al desarrollo territorial.

Así partiendo de la identificación lito estratigráfica y descripción de rocas aflorantes la presencia de recursos minerales obedece a la congruencia de procesos activos desde la formación de la cuenca en un ambiente marino con la sedimentación de bancos fosfóricos pasando por un ambiente transicional y la acumulación de mantos de carbón, la cuenca a grandes rasgos es el producto de una dinámica activa que aun hoy en día continua actuando.

La información técnica destinada a la caracterización y calidad del agua subterránea sobre la cuenca es nula a baja actualmente parte de esta información es de orden privado y limita la caracterización hidráulica de los acuíferos de la zona, sin embargo en un análisis general basados en el marco tectónico y características de las formaciones se clasificaron cualitativamente en unidades hidro-estratigráficas, delimitando así zonas de potencial hidrogeológico así como de zonas de recarga.

Como unidades hidrogeológicas las características litoestratigráficas de formaciones como Picacho, Tierna y Areniscas de Socha, y depósitos fluvio- lacustres de baja cementación y variable granulometría siendo recargado directamente por precipitación y por la red de afluentes que desde

la parte alta discurren a él las cuales principalmente facilitan la ocurrencia e infiltración y conductividad de agua subterránea clasificándolas en acuíferos de porosidad primaria.

Para zonas de recarga y descarga se hace necesario contar con la totalidad del inventario de puntos de agua precisando nacederos, adicionalmente se requiere insumos como balance hídrico, uso del suelo, conflicto de uso y coberturas vegetales los cuales bajo el uso de herramientas SIG conformaran zonas de potencial recarga, sin embargo bajo la premisa de conceptos geológicos y de cobertura se identificaron preliminarmente zonas que corresponden a superficies meteorizadas o expuestas de roca, así como terrenos con coberturas poco densas o herbazales y pastizales que facilitan la infiltración.

Parte de las concesiones de aprovechamiento de agua están en su mayoría enfocadas al recurso superficial solo el 4% de estas corresponden a aguas subterráneas, es decir la eficiencia hídrica está dada por el uso de agua superficial y está en función de actividades intensas de agricultura y ganadería, en algunos casos industrial que propenden un elemento potencial de contaminación.

Hidrográficamente la cuenca está compuesta por seis Microcuencas las cuales a su vez funcionaran como sub-sistemas de análisis y ejecución de obras de mitigación y protección del ecosistema.

Muchos de los terrenos localizados a lo largo de la cuenca presentan características topográficas y altimétricas muy variadas, estas variaciones de altitud resultan en la presencia de desniveles, para este caso el valor cualitativo predominante en la cuenca según su pendiente recurrente es ligeramente escarpado. Sumado a esto los cauces principales registran rangos desde ligeramente escarpados y en menor medida fuertemente escarpados, dando un indicio de la fuerza incipiente de estos sobre el terreno y del tiempo de concentración de la escorrentía.

Geomorfológicamente la cuenca está dominada por un ambiente estructural el cual ocupa el 50% del área de la cuenca este se caracteriza por presentar procesos de dinámica interna conformando pliegues, asociado al fallamientos de las rocas y a la resistencia que estas representan, las rocas de esta zona mostraron mayor afectación y susceptibilidad ante procesos de meteorización

Las unidades mosaicos de pastos y cultivos con espacios naturales las cuales suman 38% y 26 % respectivamente. Constituyen las principales áreas de cobertura vegetal en la cuenca; así mismo, se observa que en la zona de páramo, cerca del 80% del área de paramo corresponde a este tipo de cobertura evidenciando el impacto de actividades antrópicas en este entorno natural, De esa forma esta zona ecológicamente marcaría un límite de amortiguación de paramo y de especial vigilancia y control de actividades de intervención.

La rápida acción de prácticas de tala y revegetación con especies no nativas como eucalipto constituye focos de degradación y afectación a las propiedades químicas del suelo, adicionalmente este empobrecimiento contribuye a la erosión y pérdida de agregados finos

En la zonificación por inundaciones, se consideró para la zona urbana se evidencia la deficiencia en el sistema de alcantarillado para el manejo del agua lluvia y de escorrentía proveniente de los cerros orientales, así como la pérdida de los drenajes naturales y artificiales, debido al desarrollo de actividades de orden minero y urbanístico afectando la autonomía natural.

Es de resaltar que la susceptibilidad de los fenómenos de remoción en masa, se enmarcan áreas contiguas al cauce del río sobre las veredas Monquirá y Pilar y Ceibita, las cuales están afectadas por procesos denudativos sobre franjas de escarpe producto del orden geológico, geomorfológico,

En cuanto al análisis para la zonificación de avenidas torrenciales, es importante determinar que en cuanto a la ocurrencia de avenidas torrenciales y su relación a los indicadores morfométricos la cuenca no posibilita en gran medida la ocurrencia de avenidas torrenciales. Tiempo de concentración corto, y un factor de forma de Horton (0.36) menor a la unidad indica una forma alargada lo cual ejerce baja tendencia a concentrar caudales

De acuerdo a la curva hipsométrica la cuenca se encuentra en un nivel de equilibrio erosivo y madurez geológica, indicador de baja probabilidad a eventos torrenciales

9 DOCUMENTOS CITADOS

- Universidad nacional de colombia. (17 de junio de 2014). *UNAL, NOTICIAS*. Obtenido de <http://www.manizales.unal.edu.co/index.php/noticias/36-ano-2014/4130-cuencas-urbanas-claves-en-la-planeacion-territorial>
- (IGAC), I. A., & MAVDT, M. y. (2010). *Metodología de Zonificación Ambiental de Cuencas Hidrográficas (Propuesta)*.
- A. A. Sokolov. (1981). *Métodos de cálculo del balance hídrico: guía internacional de investigación y métodos Volumen 17 de Studies and reports in hydrology*. Instituto de Hidrología de España, .
- ALMEDA A & QUINTER I. (s.f.). *Introducción a la Hidrogeología Cap 1*.
- Ambiente, Ministerio medio. (2016). *Atlas de paramos de Colombia*. Bogota.
- BREÑA A & JACOBO.M. (s.f.). *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial; Capítulos 2*.
- Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*. Mexico: Universidad Autonoma Metropolitana.
- Cardona, G. A. (2013). *LA CUENCA URBANA COMO UNIDAD TERRITORIAL*. Manizales .
- CARLOS LONDOÑO ARANGO. (s.f.). *Cuencas Hidrográficas, Bases Conceptuales y Caracterización. Capítulo 7*.
- Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. (s.f.). *Curso de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. Capítulo 1*.
- CORPOBOYACA. (2016). *Servicios ambientales y ecosistémicos*. Tunja.
- CORPOBOYACA, UNAL, UPTC. (2006). *POMCA Cuenca Alta Rio Chicamocha. TUNJA. Decreto 1640 . (2012)*. Bogota.
- DELGADILLO A, & MORENO A. (s.f.). *Morfometría De Cuencas, Venezuela. Capítulo 1. .*
- ERN-CAPRA. (2009). *ERN-CAPRA-TI-2 Descripción general de Amenazas Naturales*. America latina.
- GASPARI F, RODRIGUEZ A, SENISTERRA G, DELGADO M. (2013). *Elementos Metodológicos Para El Manejo De Cuencas Hidrográficas. Capítulo 1*. Universidad Nacional De La Plata.
- GASPARI F. RODRIGUEZ A. (s.f.). *Morphometric characterization of the upper watershed of the Sauce Grande river, Buenos Aires, Argentina*. Buenos Aires.
- Geogra. (s.f.). Obtenido de http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/AnalisisTerreno/DEMModule/DEM_T_SI.htm
- GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. (1983).
- Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. (2012). (USLE), Factor C de la ecuación universal de la pérdida del suelo.
- IDEAM. (2004). *GUÍA TÉCNICA CIENTÍFICA PARA LA ORDENACIÓN Y MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN COLOMBIA . BOGOTÁ*.
- IDEAM. (2012). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. BOGOTÁ: Publicaciones IDEAM.
- IDEAM. (2014). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas . BOGOTÁ*.
- IDEAM, I. d. (2010). *Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia . Bogota*.
- Instituto de Hidrología, meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2012). *Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos En Masa*. Bogotá.
- ISAT. (2010). *El ordenamiento territorial en la gestión de cuencas*. LIMA.
- ISAT. (2010). *El ordenamiento territorial en la gestión de cuencas*. LIMA.
- (1961). *Ley 135 Congreso de Colombia*. Colombia.
- (1974). *Ley 2811 . Bogota: Presidente ALFONSO LÓPEZ MICHELSEN*.
- LLORENTE ISIDRO, M., DIEZ HERRERO, A., & LAIN HUERTA, L. (2008). Mapas de peligrosidad de Avenidas e inundaciones . *Serie Medio Ambiente, Riesgos Geológicos, 7*.
- Londoño Arango, C. (2001). *Cuencas hidrográficas: Bases conceptuales – Caracterización - Planificación - Administración . Colombia: Universidad del Tolima*.
- MESA M, R. A. (2014). *Morphometric Analysis Of Micro Watersheds Affected For Debris Flows Caused By Heavy rains in The Camiña . Chile*.

- MIN AMBIENTE. (2014). *GUIA TECNICA PARA LA FORMULACIÓN DE LOS PLANES DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS*. BOGOTÁ.
- Ministerio de minas y energia, I. d. (2003). *Memoria explicativa geología de la plancha 172 Paz del río escala 1:100000*. Bogotá.
- Ministerio del medio ambiente . (s.f.). Obtenido de Minambiente: <http://www.minambiente.gov.co/>
- Moreno, V. M. (2013). *Hidrologia Superficial-PENDIENTES DEL CAUCE PRINCIPAL*. Chilpancingo: Instituto tecnologico Chilpancingo.
- Mosquera, Ángela Marcela Rentería. (2013). *ANÁLISIS DE LA COHERENCIA, DEL USO SUELO, DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN POT Y POMCA*. BOGOTÁ.
- ONU. (2001). *El ordenamiento territorial como opción de políticas urbanas y regionales en america latina y el caribe* . Santiago de chile .
- Ordoñez Galvez, J. J. (2011). *Cartilla técnica Balance Hídrico Superficial*. lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- OSE. (2008). *Observatorio de la sostenibilidad en españa :Agua y sostenibilidad funcionalidad de las cuencas*.
- POT Sogamoso. (2013). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sogamoso*. Sogamoso: Alcaldia Municipal de Sogamoso.
- Rodríguez, G. I., Ulloa, C., & Rodríguez , E. (2003). *Memoria explicativa Plancha 172 Paz de Rio*. Bogotá D.C.
- Ruiz, R., & Torres, H. (2008). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS*. UICN SUR.
- Salamanca, U. d. (2015). *Conceptos Fundamentales de Hidrogeología*. Salamanca-España .
- Ulloa, C. E., Rodriguez, E., Fuquen, J. A., & Acosta, J. E. (2001). *Geología de la plancha 192 Laguna de Tota, Escala 1:100.000*. Bogota: INGEOMINAS.
- Victor Caballero, M. P. (2010). Levantamiento de la cordillera oriental de colombia durante el eoceno tardio y oligoceno temprano, proveniencia sedimentaria en el sinclinal de nuevo mundo. cuenca valle medio del magdalena. *Boletín de Geología*, 33.